

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ І
МЕХАНОТРОНІКИ

«На правах рукопису»

УДК 620.93:662.769.21

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О.Ф. Луговський

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 131 Прикладна механіка.

(код і назва спеціальності)

на тему: Підвищення ефективності технологічного процесу отримання воднево-кисневої суміші газів ННО

Виконав : студент 6 курсу, групи МА71-мп

(шифр групи)

_____ Мирончук Валентин Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник К.Т.Н., доцент Ночніченко І. В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант _____ к.т.н., ас. Ковтун Андрій Іванович

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент Директор Інституту Гідромеханіки, академік НАН України, д.т.н.,

проф. Грінченко В. Т.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2018 рік

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут**

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

Освітній ступінь «магістр»

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О. Ф. Луговський
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Мирончук Валентин Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)**

1. Тема дисертації Підвищення ефективності технологічного процесу отримання воднево-кисневої суміші газів ННО _____

науковий керівник дисертації к.т.н., доцент Ночніченко І. В. _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» листопада 2018 р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження є процеси функціонування мехатронного електролізера з ультразвуковим інтенсифікатором та монополярною схемою підключення _____

4. Предмет дослідження є взаємозв'язок параметрів та умов експлуатації з функціональними характеристиками, енергоефективності електролізера з ультразвуковим інтенсифікатором та ШІМ модулятором _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити - Аналіз конструкцій та особливостей роботи електролізерів з метою виявлення їх недоліків та можливостей покращення ефективності генерації воднево-кисневої суміші газів ННО.

- Розробити методику проведення дослідження в реакторі електролізера з блоком ультразвукового інтенсифікатора, підбір необхідного устаткування та створення експериментальний зразків електролізерів для фізичного моделювання.

- Теоретичне обґрунтування, створення та тестування математичної моделі продуктивності процесу електролізу.
- На основі проведених досліджень розробити рекомендації, щодо підвищення технологічного процесу отримання воднево-кисневої суміші газів ННО та підвищення ККД.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу _____

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Ковтун А.І., асистент		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Проведення літературного пошуку за даною темою аналіз існуючих способів отримання водню та систем з високою енергоефективністю та продуктивністю	03.10.2017	
2	Розробка та проектування генератора водню з ультразвуковим випромінювачем з високою ефективністю. Створення методики та перевірки ефективності генерації газів, розробка фізичної моделі, побудова мехатронної принципової схеми, пошук вимірювального обладнання.	05.02.2018	
3	Проведення експериментальних досліджень процесів генерації киснево-водневої суміші в ультразвуковому полі. Участь в студентських конференціях, оформлення магістерської дисертації.	07.06.2018	

Студент

(підпис)

Мирончук В. С.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Ночніченко І. В.

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему : «Підвищення ефективності технологічного процесу отримання воднево-кисневої суміші газів ННО», складається з 5 розділів, обсяг пояснювальної записки 90 сторінок основного тексту, включає 49 рисунків і 12 таблиць, та 8 плакатів графічного матеріалу.

Метою роботи є покращення експлуатаційних характеристик технологічного процесу отримання воднево-кисневої суміші газів ННО та підвищення ККД електролізера за рахунок автоматичної системи корегування режимами роботи електролізера та використанням ультразвукового поля з ШІМ модулятором.

Для досягнення зазначеної мети в роботі поставлені наступні задачі:

- Аналіз конструкцій та особливостей роботи електролізерів з метою виявлення їх недоліків та можливостей покращення ефективності генерації воднево-кисневої суміші газів ННО.
- Розробити методику проведення дослідження в реакторі електролізера з блоком ультразвукового інтенсифікатора, підбір необхідного устаткування та створення експериментальний зразків електролізерів для фізичного моделювання.
- Теоретичне обґрунтування, створення та тестування математичної моделі продуктивності процесу електролізу.
- На основі проведених досліджень розробити рекомендації, щодо підвищення технологічного процесу отримання воднево-кисневої суміші газів ННО та підвищення ККД.

Перший розділ даної роботи присвячено аналізу та огляду існуючих конструкцій електролізерів та способів отримання водню.

Другий розділ даної роботи присвячено розробці схеми установки для отримання водню.

Третій розділ даної роботи присвячено експериментальному дослідженні режимів роботи електролізера.

Об'єктом досліджень є процеси функціонування мехатронного електролізера з ультразвуковим інтенсифікатором та монополярною схемою підключення.

Предметом досліджень є взаємозв'язок параметрів та умов експлуатації з функціональними характеристиками, енергоефективності електролізера з ультразвуковим інтенсифікатором та ШІМ модулятором.

Наукова новизна одержаних результатів:

- розроблена фізична модель електролізера з блоком ультразвукового інтенсифікатора.
- запропоновано використовувати імпульсне ультразвукове поле в електролізері.

Розроблено нове технічне рішення для отримання воднево-кисневої суміші.

Публікації. За темою магістерської дисертації було опубліковано 9 праць, а саме 2 статті та одна теза доповіді на міжнародній науково-технічній конференції студентів та аспірантів, 3 тези на всеукраїнських науково-технічних конференціях, участь в 2 міжнародних виставках та результати роботи відзначені дипломом фіналіста іноваційного проекту в стартап конкурсі “Sikorsky Challenge”.

Ключеві слова: *електролізер, ШІМ, воднево-киснева суміш, ультразвукове поле, газ Брауна, ННО.*

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация на тему: «Повышение эффективности технологического процесса получения водородно-кислородной смеси газов ННО», состоит из 5 разделов, объёмы пояснительной записки 90 страниц основного текста, включает 49 рисунков и 12 таблиц, и 8 плакатов графического материала.

Целью работы является улучшение эксплуатационных характеристик технологического процесса Получение водородно-кислородной смеси газов ННО и повышение КПД электролизера за счет автоматической системы корректировки режимами работы электролизера и использованных ультразвукового поля с ШИМ модулятором.

Для достижения указанной цели в работе поставлены следующие задачи:

- анализ конструкций и особенно работы электролизеров с целью выявления их недостатков и возможные улучшения эффективности генерации водородно-кислородной смеси газов ННО.
- разработать методику проведения исследования в реакторе электролизера с блоком ультразвукового интенсификатора, подбор необходимого оборудования и создания экспериментальных образцов электролизеров для физического моделирования.
- теоретическое обоснование, создание и тестирование математической модели продуктивности процесса электролиза.
- На основе проведения исследований разработать рекомендации, по повышению технологического процесса получения водородно-кислородной смеси газов ННО и повышение в целом КПД.

Первый раздел данной работы посвящен анализу и обзор существующих конструкций электролизеров и способов получения ННО.

Второй раздел данной работы посвящен разработке схемы установки для получения водорода.

Третий раздел данной работы посвящен экспериментальным исследованиям режимов работы электролизера.

Объектами исследований являются процессы функционирования мехатронного электролизера с ультразвуковым интенсификатором и монополярной схемой подключения.

Предметом исследований являются взаимосвязь параметров и условий эксплуатации с функциональными характеристиками, энергоэффективности электролизера с ультразвуковым интенсификатором и ШИМ модулятором.

Научная новизна полученных результатов:

- Разработаны физическая модель электролизера с блоком ультразвукового интенсификатора.
- предложено использования импульсное ультразвуковое поле в электролизере.

Практическое значение полученных результатов:

Разработано новое техническое решение для получение водородно-кислородной смеси.

Публикации. По теме магистерской диссертации было опубликовано 9 работ, с них 2 статьи и один тезис доклада на международной научно-технической конференции студентов и аспирантов, 3 тезиса на научно-технических конференциях, участие в 2 международных выставках и по результатам которых получены дипломы финалиста в стартап конкурсе "Sikorsky Challenge".

Ключевые слова: *электролизер, ШИМ, водородно-кислородная смесь, ультразвуковое поле, газ Брауна, ННО.*

ABSTRACT

The master thesis on a subject: "Increase the efficiency of the technological process of obtaining a hydrogen-oxygen composition of HHO consists of 5 sections, the volume of the explanatory note 90 pages of the main text, includes 49 figures and 12 tables, and 8 posters of graphic material.

The aim of the work is to improve the operational characteristics of the technological process. Obtaining a hydrogen-oxygen gas mixture of HHO and increase the efficiency of the electrolyzes through an automatic system for adjusting the operating modes of the electrolyzes and the ultrasonic field used with the PWM modulator.

To achieve this goal in the work of the following tasks:

- analysis of structures and especially of the operation of electrolyzes with the aim of identifying their shortcomings and possible improvements in the efficiency of generating a hydrogen-oxygen mixture of HHO gases.
- develop a methodology for conducting research in a cell reactor with an ultrasonic intensifier unit, selecting the necessary equipment and creating experimental samples of electrolyzes for physical modeling.
- theoretical substantiation, creation and testing of a mathematical model of the efficiency of the electrolysis process.
- Based on the research, develop recommendations for improving the technological process of obtaining a hydrogen-oxygen gas mixture of HHO and improving the overall efficiency.

The first section of this work is devoted to the analysis and review of existing designs of electrolyzes and methods for obtaining HHO.

The second section of this work is devoted to the development of the installation scheme for the production of hydrogen.

The third section of this work is devoted to the experimental investigated modes of operation of the electrolyzes.

The objects of research are the processes of the functioning of a mechatronic electrolyzes with an ultrasonic intensifier and a connection scheme.

The subject of research is the relationship of parameters and operating conditions with functional characteristics, energy efficiency of the electrolyzes with ultrasonic intensifier and PWM modulator.

Scientific novelty of the results:

- A physical model of an electrolyzes with an ultrasonic intensifier unit was developed.
- proposed to use a pulsed ultrasonic field in the electrolyzer.

The practical significance of the results:

Developed a new technical solution for the production of hydrogen-oxygen mixture.

Publications. On the topic of the master's thesis 9 works were published, 2 articles and one thesis of the report at the international scientific and technical conference of students and graduate students, 3 theses at the scientific and technical

conferences, participation in 2 international exhibitions and the results of which received the finalist diplomas in a startup competition "Sikorsky Challenge".

Keywords: electrolytic bath, PWM, oxy-hydrogen mix, ultrasonic field, Brown's gas, HHO.

Пояснювальна записка до магістерської дисертації

на тему: Підвищення ефективності технологічного процесу отримання
воднево-кисневої суміші газів ННО

Київ – 2018 рік

Зміст

ВСТУП	14
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОЛІЗЕРІВ ТА СПОСОБІВ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ	15
1.1. Принцип дії та схемні рішення електролізерів	15
1.2. Застосування та режими роботи електролізерів	24
1.3. Конструкції та характеристики електролізерів	25
1.4. Переваги та недоліки електролізу води	31
1.5. Експлуатаційні параметри та діапазон їх можливих змін	32
1.6. Нові напрямлення в водневій енергетиці	33
1.7. Патентний аналіз існуючих електролізерів та паливних комірок	36
1.8. Фактори які впливають на характеристику електролізерів	41
1.9. Енергетичний баланс комірки	41
1.10. Способи підвищення ККД електролізера	42
Цілі та задачі	43
Висновки до розділу	44
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СХЕМИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ	45
2.1. Вихідні данні для розробки установки	45
2.2. Розробка принципових схем установки	45
2.2.1. Пневматичні варіанти (схема пневматична принципова)	47
2.2.2. Електричні варіанти (схема електрична принципова)	47
2.3. Розрахунки на міцність елементів установки	50
2.3.1. Розрахунок процесу електролізу за законами Фарадея	51
2.3.2. Розрахунок концентрації електроліту	52
2.3.3. Розрахунок водневої магістралі	54
2.3.4. Вибір матеріалу пластин	55
2.4. Розрахунок ультразвукових резонансних приводів-випромінювачів зі складовими п'єзоелектричними перетворювачами	56

2.5. Розробка методики проведення досліджень	60
2.6. Обґрунтування та планування проведення експерименту	61
2.7. Вибір апаратури	62
2.8. Способи керування процесом електролізу	63
2.9. Розробка конструкційних елементів стенду	64
2.10. Розробка експериментальної установки	66
Висновки до розділу	67
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОЛІЗЕРА	68
3.1. Експериментальне дослідження роботи електролізера	68
3.2. Експериментальне дослідження роботи електролізера з ШІМ модулятором	70
3.3. Експериментальне дослідження роботи електролізера з ШІМ модулятором в ультразвуковому полі	73
3.4. Математична модель газової магістралі електролізера в середовищі «Simulink»	77
3.5. Опрацювання та аналіз експериментальних досліджень	81
Висновки до розділу	86
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	87
4.1. Характеристика приміщення	87
4.2. Електробезпека	88
4.3. Освітлення	89
4.4. Мікроклімат	92
4.5. Пожежна безпека	93
4.6. Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	94
Висновки до розділу	99
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТА	100
5.1. Проблема	100
5.2. Рішення	101

5.3. Конкуренти	101
5.4. Поточний статус	102
5.5. Приклади використання запропонованої технології	102
5.6. Стан прав інтелектуальної власності	102
5.7. Команда	103
5.8. Пропозиція інвестору	103
ВИСНОВКИ ЗАГАЛЬНІ	104
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	105
Додаток А	107
Додаток Б	111

Вступ

На сьогоднішній день одним з альтернативних видів палива являється водень. Електролізер набув широкого розповсюдження в водневій енергетиці [1,2]. Електроліз води відрізняється від інших методів отримання водню простотою технологічної схеми, доступністю води в якості сировини, простотою обслуговування установок, високою надійністю в експлуатації.

Основним недоліком електрохімічного методу отримання водню є його велика енергоємність, тому для водневої енергетики перспективною і актуальною є розробка електрохімічних технологій генерації водню з використанням оборотних процесів чи альтернативних джерел енергії. Такі альтернативні джерела як вітрові, сонячні чи водні можуть повністю забезпечити роботу даного пристрою.

Тільки спалювання водню є абсолютно екологічно безпечним, оскільки при цьому нічого, крім води, не утворюється. Якби водень був так само доступний, як і природний газ, він би й справді став ідеальним паливом, яке не забруднює довкілля.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОЛІЗЕРІВ ТА СПОСОБІВ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ.

1.1. Принцип дії та схемні рішення електролізерів

Різноманітність способів отримання водню є одним з головних переваг водневої енергетики, так як підвищує енергетичну безпеку і знижує залежність від окремих видів сировини [1-3].

Основні способи отримання водню:

- парова конверсія метану і природного газу;
- газифікація вугілля;
- електроліз води;
- піроліз;
- часткове окиснення;
- біотехнології;
- хімічні реакції.

В даний момент найбільш розповсюдженим методом отримання водню для автотранспорту є електролітичне розкладання води (електроліз, гідроліз) але даний спосіб має низький ККД.

Електролітичний водень є найбільш доступним, але дорогим продуктом. У промислових і дослідно-промислових установках реалізований ККД електролізера $\sim 70-80\%$ при щільності струму менше $1 \text{ А} / \text{см}^2$, в тому числі для електролізу під тиском.

Існують багато принципових рішень та методів підключення електролізерів, розглянемо найбільш ефективніші в своєму сегменті:

- Монополярна схема підключення.
- Біполярна схема підключення.

Монополярна схема підключення

Комірка монополярного електролізера (рис.1.1.1) являє собою ємність заповнену електролітом з герметичною кришкою зверху, до якої прикріплена електроди анод та катод, які повністю занурена в електроліт (10-30% розчин лугу). Електродна система розрахована на робочий струм силою 10...300 А, при напрузі на пару електродів 1,8-3 вольтів в залежності від матеріалу електродів найбільшого розповсюдження набули електроди з сталі, нержавіючої сталі або нікелю. Продуктивність генерації подібної конструкції оцінюється за емпіричною формулою[4]:

$$V=0,6 \times 10^{-3} \times jn \text{ (м}^3 \text{ / год)}, \quad (1)$$

де V - сила струму електролізу, А; n - кількість пар електродів (комірок).

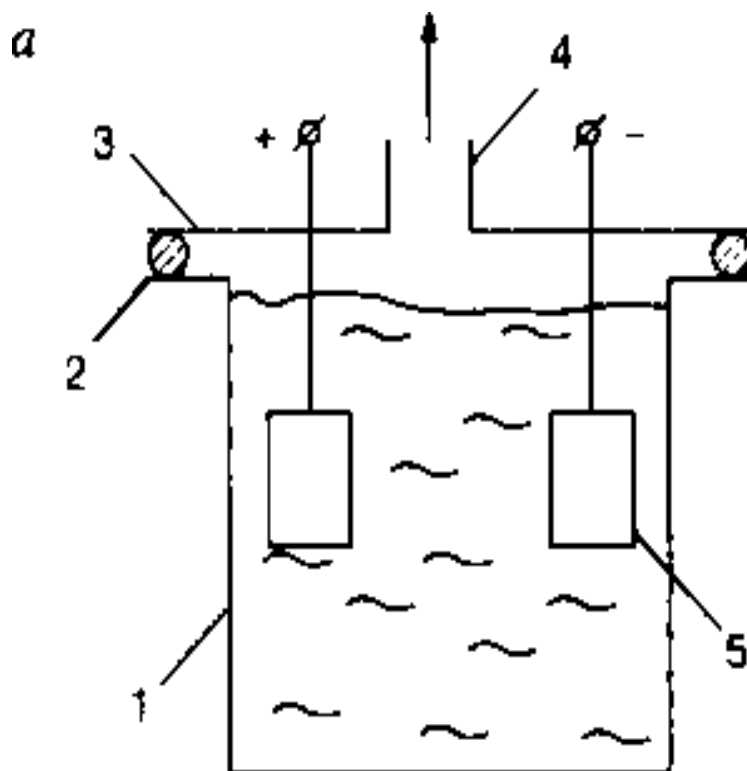


Рис.1.1.1.Схема електролізерно-водневого генератора монополярного типу: 1 - корпус; 2 - прокладка; 3 - кришка; 4 - вихідний штуцер; 5 – електроди [4]

На рис 1.1.2. преведена блок схема монополярного електролізера, яка пояснює основні його складові модулі.

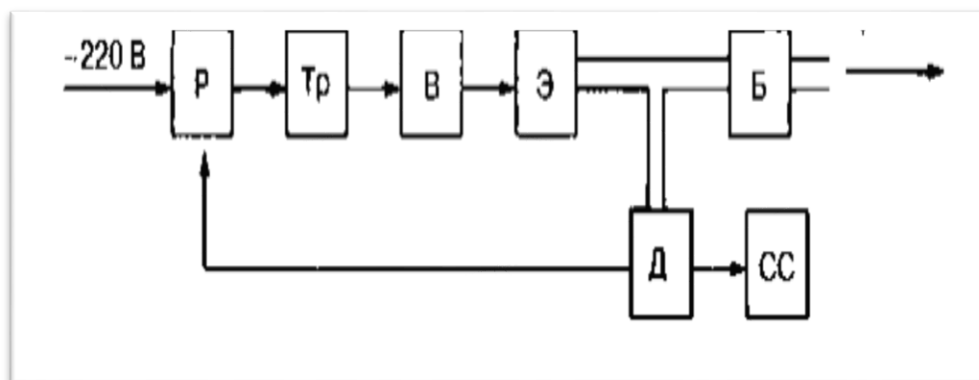


Рис.1.1.2. Структурна схема монополярного електролізера: Р - регулятор потужності; Тр - трансформатор (понижуючий); В – вирівнювач; Е – електролізер; Б – барботер; Д – датчик тиску; СС – система сигналізації [4]

Максимальна продуктивність електролізерно-водневого генератора подібного типу може бути в межах від $0,36 \text{ м}^3 / \text{год}$, при з'єднанні двох комірок - до $1,8 \text{ м}^3 / \text{год}$. при послідовному електричному з'єднанні декількох комірок.

Монополярний тин електролізерно-водневого генератора закладений в основу розроблених в ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України електролізно-водних генераторов П-105 і А-1803 [5, 6].

Електролізно-водневий генератор П-105 продуктивністю порядку $0,3 \text{ м}^3$, має вбудоване трансформаторне джерело живлення і споживає $1,6 \text{ кВт}$ від однофазної мережі 220 В . Конструкція електролізно-водного генератора П-105 відкоригована після багаторічної експлуатації.

Електролізно-водневий генератор А-1803 продуктивністю $1,6 \text{ м}^3 / \text{годину}$ газової суміші має окреме джерело живлення, в якості якого використовується будь-який зварювальний випрямляч з силою зварювального струму до 300 А . електролізно-водний генератор А-1803 розроблений на

основі конструкції генератора А-1784 з врахуванням результатів багаторічної експлуатації.

Електролізно-водневий генератор монополярного типу побудовані за структурною схемою (рис.1.1.2.), продуктивність ЕВГ регулюють перемикачем числа витків первинної обмотки трансформатора або тиристором з фазовим керуванням. Електричний струм напругою до 20 вольт надходить в електролізер через одно або двополуперіодний випрямляч.

Електролізер (рис. 1.1.3.) являє собою герметичну ємкість з електродною системою. Електроди найчастіше виготовлені з чистого нікелю для збільшення терміну служби електродної системи.

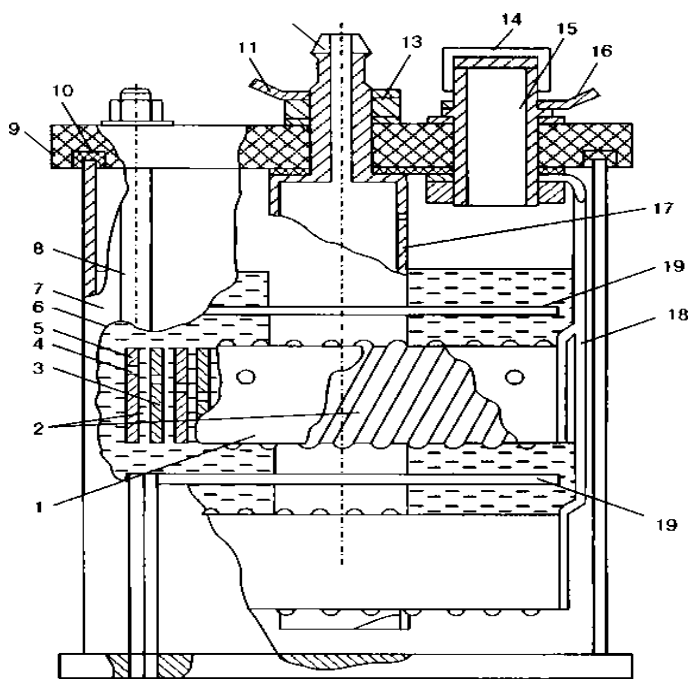


Рис. 1.1.3. Монополярний електролізер електролізно-водневого генератора П-105 для виробництва гримучого газу: (1 - комірка з електродами; 2 - діелектрична нитка; 3 електрод; 4 - отвір в електроді; 5 - електрод; 6 - електроліт; 7 - корпус; 8 - болт; 9- кришка; 10 - ущільнююча прокладка; 11- клемма; 12 - штуцер; 13 - ущільнення; 14 - кришка; 15 патрубок; 16 - клемма; 17 струмо ідводящий стрижень; 18- струмопідвід; 19 – газовий відбивач [4])

Біполярна схема підключення

Конструкція біполярного електролізера (рис.1.1.4.) складається з комірок з пластинчастими електродами, ізольованими один від одного гумовими ущільнювачами, які створюють внутрішній обсяг для електроліту і газів, що утворюються (комірку). Отвори в електродах у верхній і нижній частинах кожної комірки служать для заливки електроліту і відведення газів. При напрузі в одній комірці, рівному 1,8-3 В, можна розрахувати конструкцію ЕВГ напругою 220 або 380 В, що дозволяє відмовитися від використання громіздкого трансформатора в джерелі живлення, застосувати у випрямлячі діоди малої і середньої потужності і отримати меншу масу і габаритні розміри в порівнянні з масою і габаритними розмірами монополярних ЕВГ тієї ж продуктивності.

Біполярна конструкція електролізера з без трансформаторною електричною схемою дозволяє отримати до $0,3 \text{ м}^3 / \text{год.}$ газової суміші при споживанні до 6 А струму від мережі напругою 220 вольтів.

Зазначені переваги конструкцій ЕВГ з біполярним включенням електродів зумовили розробку гами біполярних електролізно-водних генераторів.

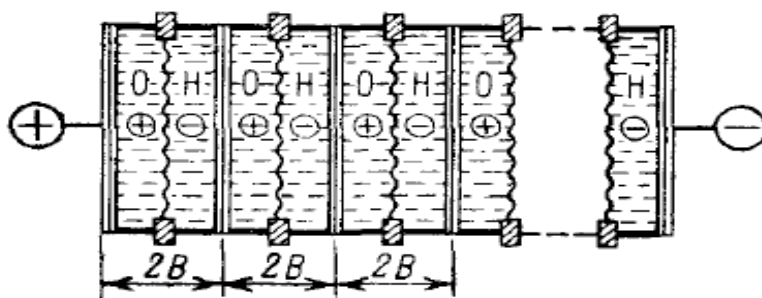


Рис. 1.1.4. Схема комірок електролізерів біполярного типу[4]

Використання електролізно-водних генераторів продуктивністю 1,5-2,0 $\text{м}^3 / \text{годину}$ газової суміші з біполярними електролізерами дозволяє в кілька

разів зменшити виробничі площі в порівнянні з площами, необхідними для монополярних ЕВГ, за рахунок відсутності окремого джерела живлення.

У біполярних електролізерах відпадає необхідність в мідних шинах для комутації струму між комірками, що спрощує і здешевлює конструкцію.

Істотним недоліком біполярних електролізерів є можливість руйнування між електродних ущільнень, що призводить до розгерметизації електролізера і витікання електроліту. Тому одним з основних напрямків вдосконалення біполярних електролізно-водних генераторів повинно бути підвищення безпеки їх експлуатації.

В процесі роботи електролізно-водневих генераторів як біполярного, так і монополярного типу, нерівномірне нагрівання електроліту і піно утворення в електролізері призводить до нестійкого горіння зварювального полум'я, або повного його загасання. Це створює технологічні труднощі при зварюванні та пайці виробів. Наявність водозбірника (вологовідділювача ІТЕЛ), в якому збираються пари і краплі електроліту, захоплені потоком гримучого газу, не завжди усувають цей недолік.

Забезпечення рівномірного вироблення газової суміші в часі і забезпечення стабільного горіння факельного полум'я є головним завданням при розробці конструкції електролізно-водневих генераторів.

Розглянувши та ознайомившись з схемами підключення електролізерів переходимо до ознайомлення з різновидами конструкцій електролізерів:

- Мокрий електролізер.
- Сухий електролізер.

«Мокрий» електролізер є одним із найбільш відомих і добре досліджених методів отримання водню. Він забезпечує отримання чистого продукту (99.6 — 99.9 % H_2) в одну технологічну ступінь. Економіка процесу в основному залежить від вартості електроенергії.

Принцип роботи для роздільного отримання водню та кисню пояснюється принциповою схемою (рис.1.1.5). Електролізер містить

заповнену електролітом ємність 5, яка розділена на дві частини спеціальною пористою мембраною 4 (яка пропускає електричний струм, але не пропускає молекули водню та кисню), з однієї сторони мембрани знаходиться катод 3, який виділяє водень, а з другої - анод 2, який виділяє кисень. За допомогою електричних імпульсів молекули води (H_2O) розбиваються на дві молекули водню і одну молекулу кисню.

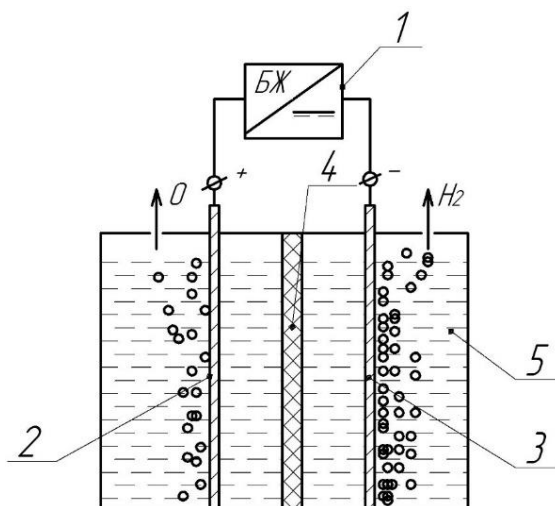


Рис.1.1.5. Принципова схема електролізера для отримання водню та кисню

Електрохімічний спосіб добування водню може застосовуватися у різних масштабах. Розглянемо три із них: промисловий, автомобільний транспорт, локальне застосування для власних побутових потреб [7].

Недоліки:

- ✓ Громіздкість. Електролізер поєднує дві функції - є виробником газу і сховищем запасу води, тому представляє одну велику ємність. Незручне розміщення на борту автомобіля.
- ✓ Необхідність в електроізолюванні кріплення пластин електролізера всередині.
- ✓ Проблема механічного з'єднання електричних полюсів з пластинами електролізера. Постійна вібрація в їдкому лужному середовищі призводить до розкручування з'єднань, вони починають грітися. Велика

ймовірність іскріння, що фатально якщо дане з'єднання знаходиться в середовищі електролізера (можливість вибуху!).

✓ Відсутність стандартних ємностей під електролізер. Виготовлення спецємностей різко збільшує вартість водневого генератора. У разі використання пластикових неможливо ефективно охолоджувати електролізер. Виготовлення герметичної ємності з нержавіючої сталі збільшує собівартість.

✓ При виготовленні спец ємності постає питання герметизації з'єднань. Пластикові ємності необхідно притискати один до одного через спец прокладки, матеріал яких необхідно ретельно вибирати (лугостійкі). Пластики є досить м'яким матеріалом – їх необхідно робити додаткові ребра жорсткості. Використання нержавіючої сталі припускає можливість зварювання, однак в місцях зварювання стійкість до корозії різко падає.

«Сухий» електролізер

Даний тип електролізера вважається «другим поколінням», оскільки позбавлений головних недоліків «першого», «мокрого» електролізера.

Розглянемо принцип роботи (Рис.1.1.6): електролізер складається з металевих пластин, герметично стягнутих між собою через електроізоляційні прокладки. До зовнішньої пластини знизу де підводиться електроліт, зверху відводиться газ. Обидва шланги йдуть в циркуляційний резервуар, що використовується як сховище електроліту. Електролізер мимовільно поповнюється електролітом, оскільки встановлюється вище резервуара. Постійний тиск стовпа рідини призводить також до того, що з електролізера по відповідному шлангу газ виходить, чергуючись з рідиною або у вигляді піни. Таким чином, циркуляційний резервуар служить також сепаратором. Рідина перемішується і знову надходить у електролізер. Відокремлений газ забираються з резервуара зверху.

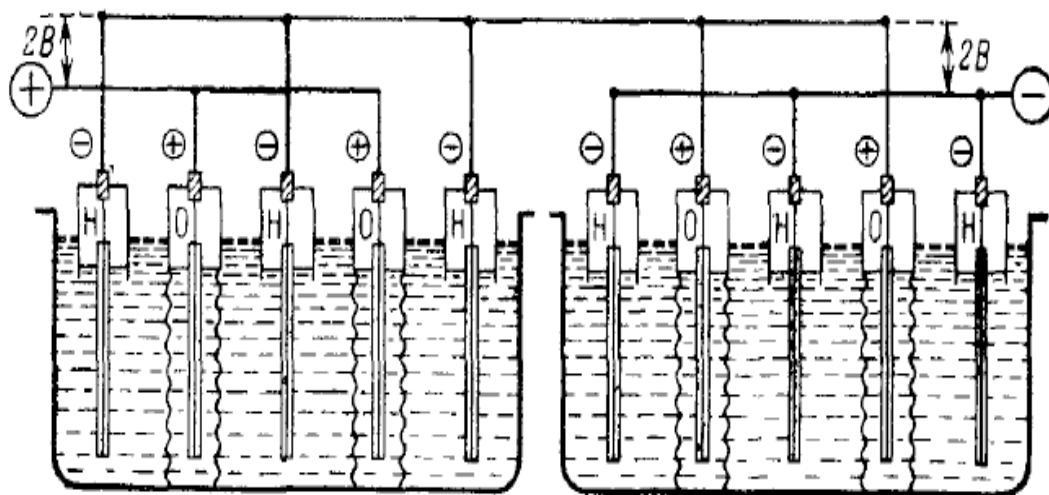


Рис.1.1.6. Принципова схема сухого електролізера[4]

Переваги мокрого електролізера:

- ✓ Розділені функції виробництва газу та зберігання води. У машині простіше знайти два невеликих місця, ніж одне велике.
- ✓ Пластини автоматично електроізолювані один від одного за допомогою прокладок.
- ✓ Пластини можуть виступати за прокладки, збільшення поверхні для охолодження в разі нагрівання електролізера.
- ✓ Активними електродами виступають дві протилежні крайні пластини. Підключення електричних виходів до активних електродів відбувається зовні, в неагресивному повітряному середовищі. До електричних з'єднань завжди є легкий доступ.
- ✓ Наявність недорогих і не дефіцитних стандартних ємностей, які можуть підійти в якості циркуляційного резервуару.

Недоліки «Сухого» електролізера:

- Наявність шлангів.

- Далеко рознесені електролізер і резервуар, призводить до збільшення довжини шлангів. Опір потоку рідини (особливо в холодну пору, коли рідина в'язка) погіршує роботу системи.
- Робочі вводи-виводи електроліту у продажу відсутні, висока концентрація лугу і досить висока температура унеможлиблює використовувати швидко роз'ємні з'єднання. Необхідно спеціальне виготовлення штуцерів з спец ущільненням під хомут з нержавіючої сталі.[8]

1.2.Застосування та режими роботи електролізерів

Ультразвукове поле, надає в електроліті сильну перемішуючу дію, якісно відмінне від звичайного механічного перемішування, значно зменшує градієнт концентрації іонів в прикатодном шарі, впливаючи тим самим на поляризацію електродів, і в більшій мірі збільшує граничний струм дифузії при електролізі. Ультразвукове поле надає в процесі-електролізу значний вплив на кінетику електродних процесів. Під впливом ультразвуку виникають також процеси, що відбуваються в самому електроліті.

Виділяються при електролізі на катоді бульбашки водню отримують в ультразвуковому полі прискорює поштовх в результаті відображення звукової хвилі від поверхні розділу розчину газу. Це прискорює рух бульбашок водню уздовж поверхні катода. Прискорення зростає з ростом інтенсивності ультразвукового поля. Бульбашки водню переміщують електроліт уздовж катодного поверхні, в результаті чого шар електроліту в прикатодном просторі безперервно освіжається. Дія ультразвуку збільшується з підвищенням катодного щільності струму, при якому посилюється збіднення прикатодному шару і зростає кількість бульбашок водню.

Таким чином, поведінка анодів в ультразвуковому полі залежить від природи металу, складу електроліту, режиму електролізу, інтенсивності ультразвуку і взаємного розташування анодів і випромінювачів.

1.3. Конструкції та характеристики електролізерів

Стенлі Мейер розробив електричну комірку, за допомогою якої можна розділяти звичайну водопровідну воду на водень та кисень з набагато меншою витратою енергії, ніж потрібно при звичайному електролізі. Вона виробляє набагато більше водородо-кисневої суміші, ніж при простому електролізі.

Для звичайного електролізу води потрібно великий струм, комірка Мейер виробляє той самий ефект з міліампер. Крім того, звичайна водопровідна вода вимагає додавання електроліту, наприклад сірчаної кислоти, для збільшення провідності - комірка Мейера, навпаки, працює з величезною продуктивністю на чистій воді. Комірки Мейера залишаються холодними навіть після багатьох годин робочого процесу видобутку газу.

Електроди виготовлені з паралельних пластин які виготовлені з нержавіючої сталі, що утворюють плоску, або концентричну конструкцію. Вихід газу залежить від пропорційної відстані між ними. З патенту пропонується відстань 1.5 мм яка дає потужний результат.

Різниця полягає в живленні комірки. Застосовую зовнішню індуктивність, з якої відбуваються коливання контуру з об'ємом комірки, чиста вода має діелектричну проникність близько 5, щоб утворити паралельну резонансну схему. Вона змінюється ШІМ модулятором, який разом з об'ємом комірки та вирівнюючим діодом складає схему нагнітання. Висока частота імпульсів формується та східчасто підвищується потенціал на електродах які в комірки, поки не досягається точка, де молекула води розпадається та виникає короткочасний імпульс струму. Схема вимірювання струму живлення виявляє цей скачок та замикає джерело імпульсів на декілька циклів, та дозволяє воді відновитися.

Виходу газу достатньо для підтримки воднево-кисневе полум'я, яке одразу має можливість плавити сталь.

Одна комірка оснащена двома паралельними електродами збудження. Після наповнення его водопровідною водою, за допомогою електродів

генерується газ при дуже низькому рівні струму, не більше ніж десята частина ампера, та навіть міліампер, як заявляє Мейер, що вихід газу збільшувався, коли електроди зближувалися, та зменшувався при віддаленні один від одного. Потенціал в імпульсі досягав навіть десятків тисяч вольт.

Друга комірka має в собі 9 комірок з подвійними трубками які виготовлені з нержавіючої сталі які виробляють на багато більше газу. Було зображено, генерація газу при міліамперному рівні. Коли напругу було доведено до максимального, то газ виходив в дуже вражаючій кількості.

Окрім генерації кисню та водню а також мінімального нагріву комірки, очевидці розповідають, що вода в всередині комірки зникає швидко, переходячи в її складові частини у вигляді аерозолу з величезної кількості крихітних бульбашок, які збираються на поверхні комірки.

Вчений заявляв, що у нього працює конвертер воднево-кисневої суміші протягом останніх 4 років, що використовує ланцюжок з 6 циліндричних комірок. Він також заявив, що фотонне стимулювання простору реактора світлом лазера за допомогою оптоволоконна збільшує генерацію газу.

Розглянемо патент США №4.936,961:Метод виробництва паливного газу

Тема винаходу: Цей винахід описує паливну камеру та процес, в якому молекули води розбиваються на водень і кисень, розчинені у воді газу. Тут і далі використовується термін "паливна комірka", що відноситься до даного винаходу, який містить конденсаторну водяну камеру, яка, як буде пояснено далі, виробляє паливний газ відповідно до описаного методу.

Коротко, винахід являє собою метод отримання суміші водню і кисню та інших розчинених у воді газів. Процес полягає в наступному (Рис. 1.3.1):

(А) конденсатор, в якому вода є діелектричною рідиною між обкладками, включений у послідовну резонансну схему з дроселем;

(В) до конденсатора прикладається пульсуюча однополярна напруга, в якому полярність ніяк не пов'язана із зовнішнім заземленням, завдяки чому

молекули води в конденсаторі схильні заряду тієї ж полярності і молекули розтягуються під дією електричних полярних сил;

(С) підбирають частоту імпульсів, що надходять на конденсатор, відповідну власній частоті резонансу молекули;

(D) тривала дія імпульсів в режимі резонансу призводить до того, що рівень коливальної енергії молекул зростає з кожним імпульсом;

(E) комбінація пульсуючого і постійного електричного поля призводить до того, що в певний момент сила електричного зв'язку в молекулі послаблюється настільки, що сила зовнішнього електричного поля перевищує енергію зв'язку, і атоми кисню і водню звільняються як самостійні гази;

(F) збір готової для використання суміші кисню, водню та інших розчинених у воді газів як палива.

Послідовність станів молекули води водню і кисню:

A. випадкове;

B. орієнтація молекул вздовж силових ліній поля;

C. поляризація молекули;

D. подовження молекули;

E. розрив ковалентного зв'язку;

F. звільнення газів.

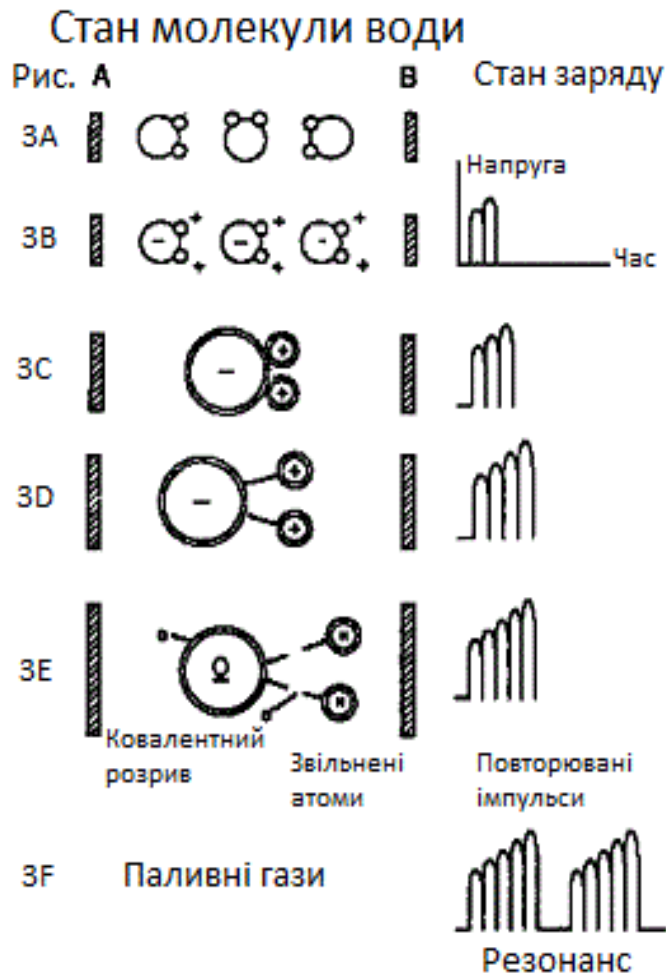


Рис.1.3.1 Послідовність станів молекули води та водню і кисню[9]

Оптимальний вихід газу досягається за допомогою резонансної схеми. Частота підбирається рівній резонансній частоті молекул. Для виготовлення пластин конденсатора віддається перевага нержавіючої сталі марки Т-304, яка не взаємодіє з водою, киснем і воднем. Початковий вихід газу управляється зменшенням експлуатаційних параметрів. Оскільки резонансна частота фіксована, продуктивністю можна керувати за допомогою зміни імпульсної напруги, форми або кількості імпульсів [9].

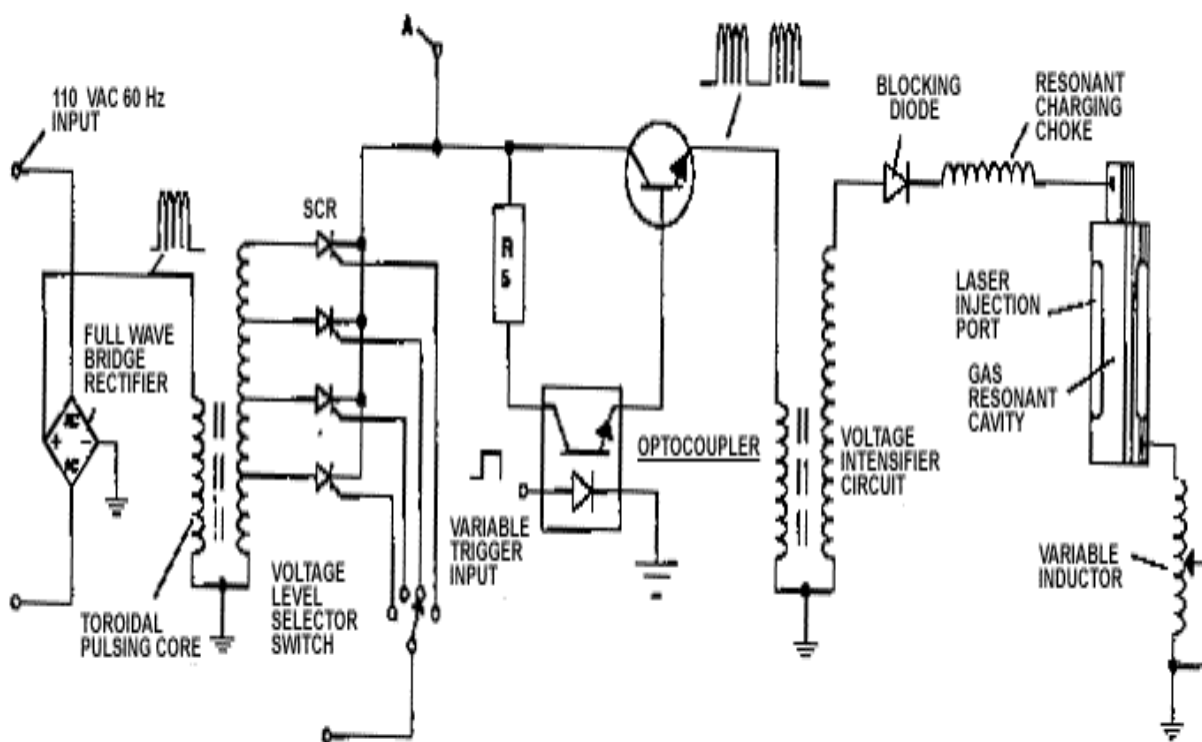


Рис.1.3.2 Схема електричка[9]

3 (Рис.1.3.2) підвищуєча котушка намотана на звичайному тороїдальному ферритоному осерді 1.50 дюйма в діаметрі та 0.25 дюйма товщиною. Первинна котушка містить 200 витків 24 калібру, вторинна 600 витків 36 калібру. Діод типу 1N1198 служить для випрямлення змінної напруги. На первинну обмотку подаються імпульси шпаруватості 2. Трансформатор забезпечує підвищення напруги в 5 разів, хоча оптимальний коефіцієнт підбирається практичним шляхом. Дросель містить 100 витків калібру 24, в діаметрі 1 дюйм [9].

У послідовності імпульсів повинна бути коротка перерву. Через ідеальний конденсатор струм не тече. Розглядаючи воду як ідеальний конденсатор, переконуємося, що енергія не буде витрачатися на нагрів води. Реальна вода володіє деякою залишковою провідністю, зумовленої наявністю домішок. Краще, якщо вода в комірці буде хімічно чистої. Електроліт до води не додається. В процесі електричного резонансу може бути досягнутий будь-який рівень потенціалу. Як зазначалося вище, кількість різниться залежно від

діелектричної проникності води і розмірів конденсатора. У прикладі схеми два концентричних циліндра 4 дюймів завдовжки, складають конденсатор. Відстань між поверхнями циліндрів 0.0625 дюйма. Резонанс в схемі був досягнутий при імпульсі 26 вольт, доданому до первинної обмотці.

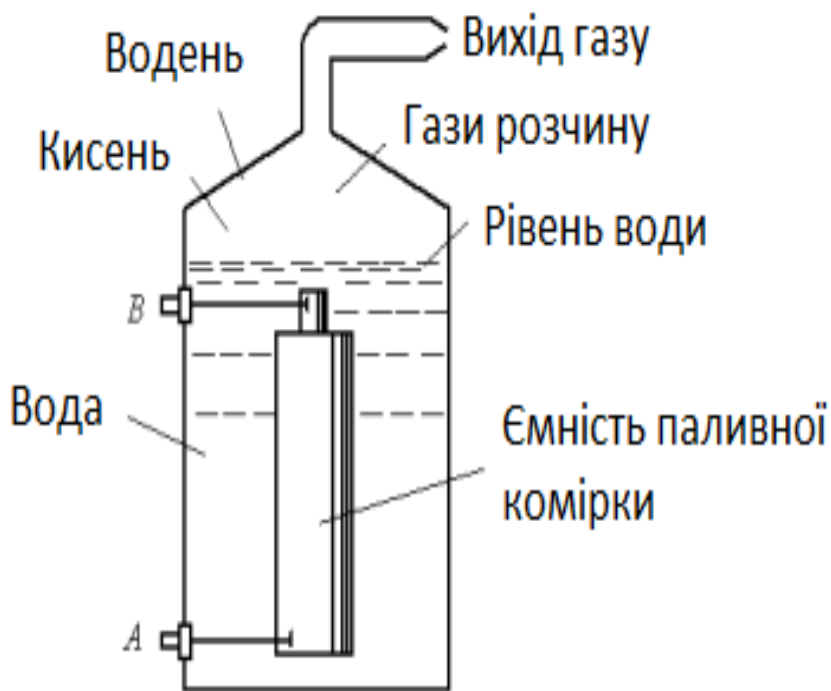


Рис.1.3.4 Конструктивна схема паливна комірки Стенлі

У будь-якій резонансній схемі при досягненні резонансу струм мінімальний, а вихідна напруга максимальна. Розрахунок резонансної частоти традиційна. Другу індуктивність підлаштовують в залежності від чистоти води так, щоб потенціал прикладений до води, був постійний. Витрата води контролюється будь-яким підходящим способом. Налаштування апарату нескладна для кваліфікованого фахівця [9].

Діод 1N1198 можна замінити на NTE5995 або ECG5994. Це імпульсні діоди на 40 ампер 600 вольт.

Нержавіюча сталь Т304 чудова, але інші типи повинні працювати так само. Т304 просто більш доступна. Зовнішня трубка підганяється під розмір 3/4 дюйма 16 калібру (товщина стінки 0.06 дюйма), довжиною 4 дюйма. Внутрішня трубка діаметром 1/2 дюйма 18 калібру (стінка 0.049 дюйма, це приблизний розмір для цієї трубки, фактичний калібр не може бути обчислений з патентної документації, але цей розмір повинен працювати), 4 дюйма завдовжки [9].

1.4. Переваги та недоліки електролізу води

Переваги електролізу у порівнянні з іншими методами отримання водню:

- висока чистота одержуваний водню - до 99,99% і вище;
 - простота технологічного процесу, його безперервність, можливість Найбільш повної автоматизації, відсутність рухомих частин в електролітичне осередку;
 - можливість отримання цінної побічних продуктів - важкої води і кисню;
 - загальнодоступною і невичерпне сировину - вода;
 - гнучкість процесу і можливість отримання водню безпосередньо під тиском;
 - фізичний поділ водню і кисню в самому процесі електролізу;
 - тривалий термін експлуатації електролізерів (мінімум 10 років)
- [10].

Недоліки:

- Промислові генератори газу, що при цьому використовуються, досить дорогі, оскільки для підвищення ефективності в них застосовуються каталізатори з рідкісних елементів, наприклад, платини.

- Електроліз вимагає великих витрат енергії.
- Процеси отримання водню методом електролізу води є пожежо- та вибухонебезпечним, при порушеннях технологічного режиму, витоку електролітичного газів (суміш водню з киснем називається гримучим газом або газом Брауна)

1.5. Експлуатаційні параметри та діапазон їх можливих змін

Робота електролізера характеризується високою температурою, агресивним електролітом, в якому розчиняється більшість металів, великою силою струму і значним магнітним полем. Розглянемо методи вимірювання основних параметрів електролізера.

Основними технологічними параметрами є: сила струму, робоча напруга, рівні металу і електроліту, температура і вміст добавок в електроліті, методи і періодичність обробки електролізера, падіння напруги, частота і тривалість анодних ефектів, порядок виливання металу, а також параметри анодного пристрою.

- Температура електроліту вельми сильно впливає на продуктивність електролізеру, тому всі операції технологічного процесу підпорядковані одній меті - підтримці температури на нижній межі, аж до зниження сили струму на серії.

- Сила струму серії встановлюється в залежності від розмірів, конструкції і існуючої технології, її регулюють, виходячи з технічних можливостей перетворювальної підстанції, і контролюють лічильниками ампер - годин.

- Склад електроліту найбільш суттєво впливає на техніко-економічні показники.

- Середня напруга серії обчислюють за показниками серійних лічильників вольт-годин. Середня напруга електролізера складається з робочої

напруги, напруги анодних ефектів і перепаду напруги в ошиновці між електролізерами.

- Анодні ефекти, їх частота і тривалість - дуже важливий параметр процесу електролізу. У нормально працюючому електролізері напруга анодного ефекту різко підвищується від 4,2-4,5 до 35-40 В, а іноді і вище. [11]

1.6. Нові напрямлення в водневій енергетиці

Паливні елементи - комірки (Fuel Cell)

Паливна комірка (Fuel Cell) - це пристрій, що перетворює хімічну енергію в електричну. Вона схожа за принципом дії на звичайну батарею, але відрізняється тим, що для її роботи необхідна постійна подача з зовні речовин для протікання електрохімічної реакції. Паливні елементи подаються водень і кисень, а на виході отримують електрику, воду і тепло. До їхніх переваг відноситься екологічна чистота, надійність, довговічність і простота експлуатації. На відміну від звичайних акумуляторів електрохімічні перетворювачі можуть працювати практично необмежений час, поки надходить паливо. Їх не треба годинами заряджати до повної зарядки. Більш того, самі осередки можуть заряджати АКБ під час стоянки автомобіля з вимкненим мотором.

Найбільшого поширення в водневому автомобілі отримали паливні комірки з протонної мембраною (PEMFC) і твердооксидні паливні комірки (SOFC) [12].

Комірка з протонною мембраною

Паливна комірка з протонної обмінної мембраною працює наступним чином. Між анодом і катодом знаходяться спеціальна мембрана і каталізатор з платиновим покриттям. На анод надходить водень, а на катод - кисень (наприклад, з повітря). На аноді водень за допомогою каталізатора розкладається на протони й електрони. Протони водню проходять через мембрану і потрапляють на катод, а електрони віддаються в зовнішній ланцюг

(мембрана їх не пропускає). Отримана таким чином різниця потенціалів призводить до виникнення електричного струму. На стороні катода протони водню окислюються киснем. В результаті виникає водяна пара, яка і є основним елементом вихлопних газів автомобіля. Володіючи високим ККД, РЕМ-елементи мають один суттєвий недолік - для їх роботи потрібно чистий водень, зберігання якого є досить серйозною проблемою.

Якщо буде знайдено такий каталізатор, який замінить в цих комірках дорогу платину, тоді відразу ж буде створений дешевий паливний елемент для отримання електроенергії, а значить, світ позбудеться від нафтової залежності.

Твердооксидні комірки

Твердооксидні комірки SOFC (рис.1.6.1) значно менш вимогливі до чистоти палива. Крім того, завдяки використанню ПОХ-реформерах (Partial Oxidation - часткове окислення) такі комірки як паливо можуть споживати звичайний бензин. Процес перетворення бензину безпосередньо в електрику виглядає наступним чином. У спеціальному пристрої - реформерах при температурі близько 800 ° С бензин випаровується і розкладається на складові елементи [12].

При цьому виділяється водень і вуглекислий газ. Далі, також під впливом температури і за допомогою безпосередньо SOFC (що складаються з пористого керамічного матеріалу на основі окису цирконію), водень окислюється киснем, що знаходиться в повітрі. Після отримання з бензину водню процес протікає далі за описаним вище сценарієм, з однією лише різницею: паливна комірка SOFC, на відміну від пристроїв, що працюють на водні, менш чутлива до сторонніх домішок у вихідному паливі. Так що якість бензину не повинно вплинути на працездатність паливного елемента.

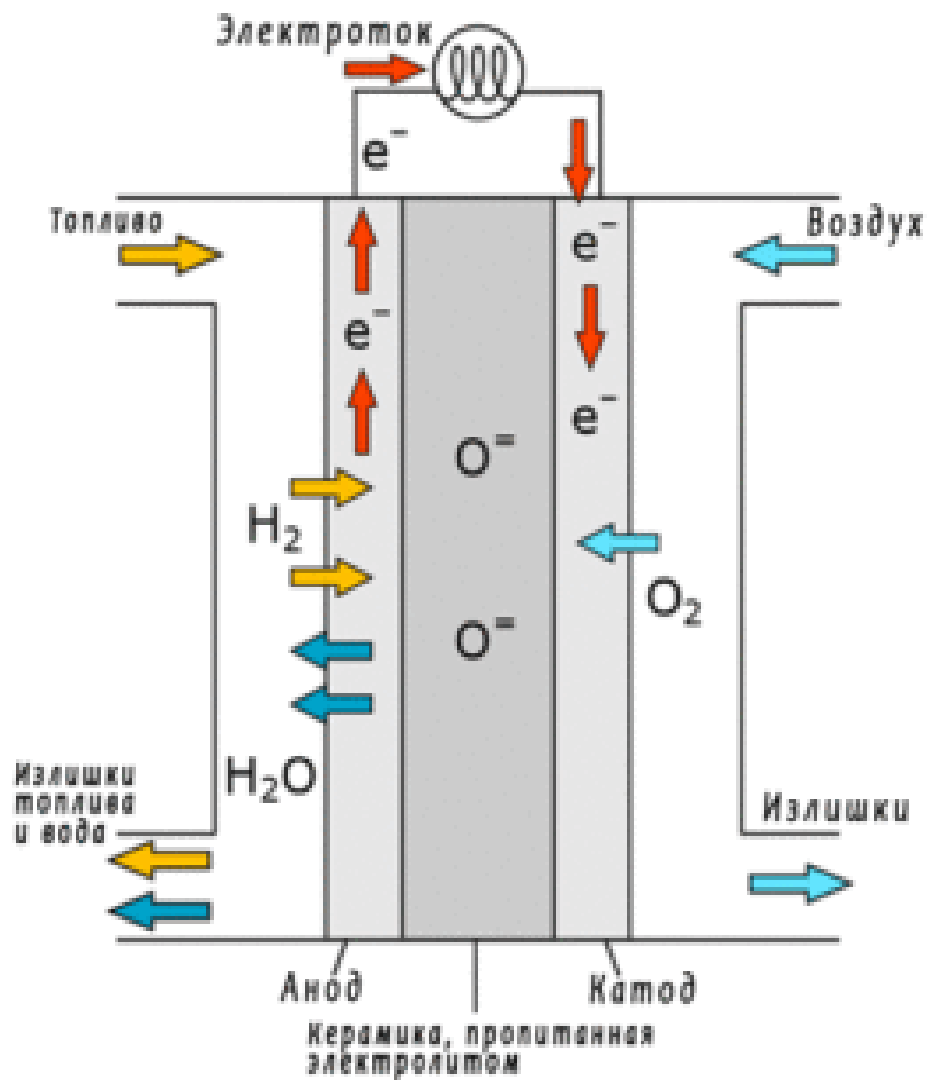


Рис.1.6.1 Твердооксидна комірка SOFC [12]

Висока робоча температура SOFC (650-800 градусів) є істотним недоліком, процес прогріву займає близько 20 хвилин. Зате надмірне тепло проблеми не становить, оскільки воно повністю виводить залишуючимся повітрям і вихлопними газами, виробленими реформерах і самої паливної комірки. Це дозволяє інтегрувати SOFC-систему в автомобіль у вигляді самостійного пристрою в термічно ізольованому корпусі.

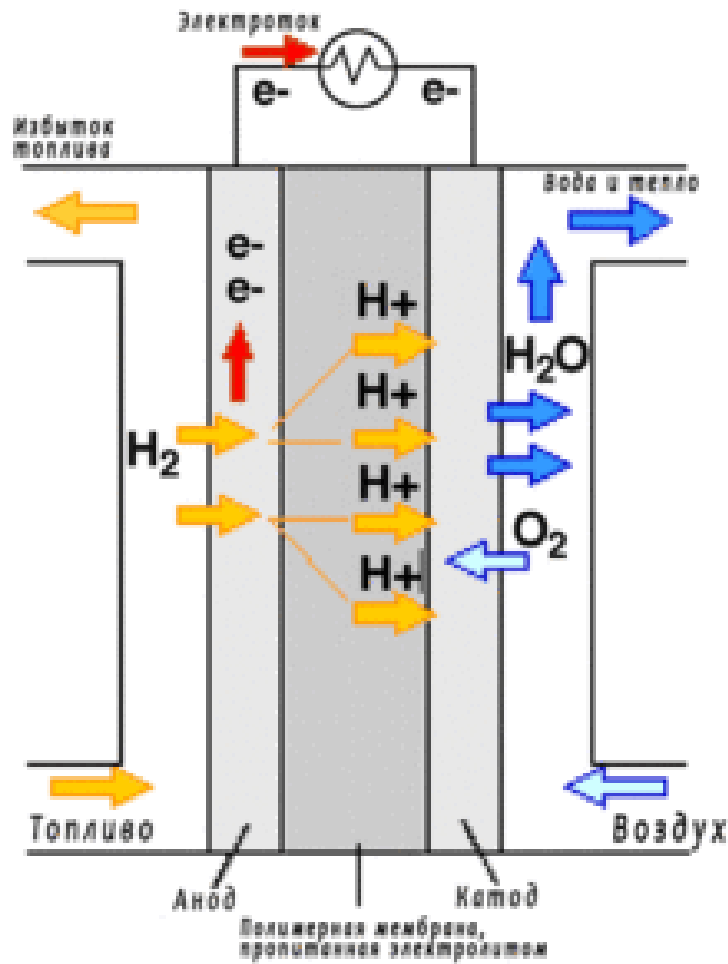


Рис.1.6.2 Комірка з протонною мембраною PEMFC [12]

Модульна структура дозволяє домогтися необхідної напруги шляхом послідовного з'єднання набору стандартних комірок. І, можливо, найголовніше з точки зору впровадження подібних пристроїв - в SOFC немає вельми дорогих електродів на основі платини [12]. Саме дорожнеча цих елементів є одним з перешкод у розвитку і поширенні технології PEMFC яка зображена на (рис1.6.2).

1.7. Патентний аналіз існуючих електролізерів та паливних комірок

Мною було проведено патентний аналіз для технології та пристроїв для отримання водню та кисню шляхом електролізу з метою забезпечення

паливною енергетичною сировиною промислових об'єктів, автотранспорту та комунального господарства. Підвищення енергоефективності планується за рахунок отримання водню шляхом електролізу запропоновано застосовувати вібраційні коливання електроліту для збільшення провідності та збільшення швидкості генерації бульбашок на пластинах застосування широтно-імпульсної модуляції для зменшення енергетичних затрат та для зменшення нагрівання, налаштування раціональних режимів роботи (підтримання температурних режимів, концентрації електроліту, конструктивних параметрів реактору для інтенсифікації процесу генерації водневої суміші) та інших способів.

Перспективні розробки у вказаній галузі спрямовані на підвищення ефективності отримання суміші газів та автоматизацію процесу електролізу.

Відомий електролізер для отримання водню та кисню (Патент України на корисну модель № 47989, опубл. 25.02.2010, Бюл. № 4, 2010 р.), що містить корпус з розміщеними в ньому електродами, що утворюють електролітичні комірки, які сполучені між собою отворами для перетікання електроліту та виходу газової суміші, електроди під'єднані до джерела живлення постійного струму.

Недоліком вказаного електролізера є його недостатня енергоефективність. Для збільшення ефективності необхідно забезпечити, по перше, постійність рівня електроліту в корпусі при тривалому часі роботи, а, по друге, необхідно забезпечити постійне очищення поверхонь електродів від налипаючих бульбашок газу.

Відомий електролізер для отримання водню та кисню (Патент України № 79719, опубл. 10.07.2007, Бюл. № 10, 2007 р.), який містить розташовані в спільному корпусі анодну та катодну камери з електродами, під'єднаними до джерела постійного струму, а також канали для подачі електроліту та відведення газової суміші.

Названа конструкція також має недоліки, пов'язані з недостатньою енергоефективністю та відсутністю засобів автоматичного керування технологічним процесом електрогідролізу водного розчину електроліту.

Найбільш близьким технічним рішенням є електролізер для отримання водню та кисню (Патент RU № 2347653, опубл. 27.02.2009, Бюл. № 6, 2009 р.), який містить корпус з плоскими стінками та кришкою, в якому вертикально розміщені і механічно зафіксовані окремі секції, утворені електрично ізольованими та підключеними до джерела живлення постійного струму пластинами-електродами, причому ємність корпусу заповнена водним або лужним електролітом, що подається з окремої ємності, а в нижній частині пластин-електродів виконані отвори для сполучення секцій, причому між пластинами-електродами та кришкою корпусу утворена ємність для накопичення газової суміші над рівнем електроліту та вологовідділення, яка з'єднана з гідрозатвором, вихід якого приєднаний до напірного клапану та споживача газу, наприклад, газової горілки,

Як і в попередніх випадках, вказаний електролізер має малу енергоефективність, що пов'язано з відсутністю автоматичної системи керування роботою електролізера та відсутністю засобів прискорення процесу газовиділення, очищення поверхонь електродів та перемішування електроліту.

В основу винаходу поставлено задачу підвищення енергоефективності електролізера шляхом запровадження автоматичної (мехатронної) системи керування та застосування додаткового ультразвукового поля з метою прискорення процесу газовиділення, очищення електродів та перемішування електроліту.

Для вирішення поставленої задачі в мехатронному електролізері для отримання водню та кисню шляхом впровадження автоматичної (мехатронної) системи керування та застосування додаткового ультразвукового поля з метою прискорення процесу газовиділення, очищення електродів та перемішування електроліту.

Крім того, корпус додатково оснащений датчиками тиску, температури та рівня електроліту, а також клапаном з електричним керуванням, через який до корпусу під'єднано окрему ємність з електролітом для поповнення внутрішньої ємності корпусу, які електрично з'єднані з електронним блоком

керування, який в свою чергу електрично під'єднаний до блока живлення та широтно-імпульсного модулятора.

Застосування в конструкції електролізера ультразвукового поля, інтенсивність якого перевищує поріг виникнення в електроліті явища кавітації, дозволяє інтенсивно перемішувати електроліт, очищувати поверхні електродів та забезпечувати коагуляцію та прискорене виділення газів. Утворені в конструкції проточні водяні камери дозволяють ефективно охолоджувати корпус електролізера і сам електроліт.

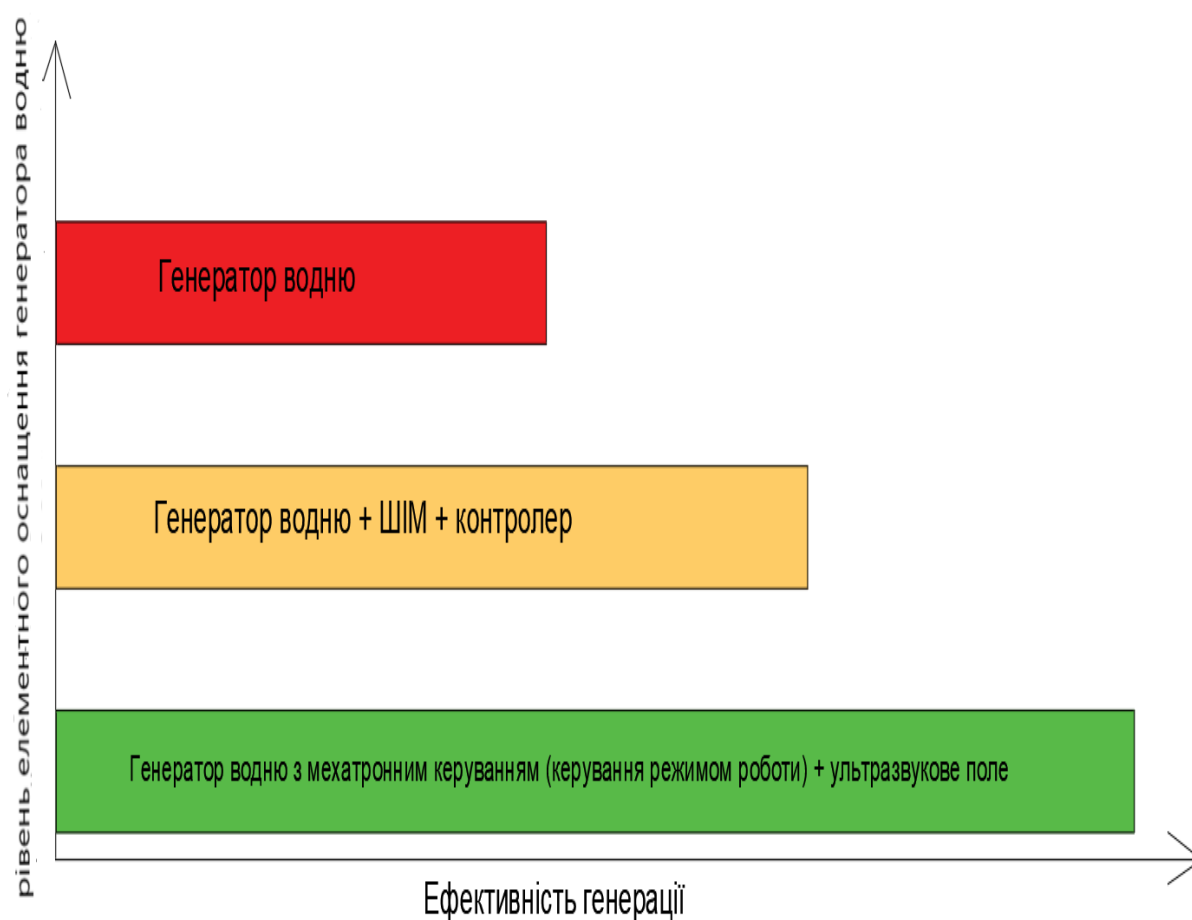


Рис.1.7.1 Способи підвищення енергоефективності генерації водню

У відповідності способів підвищення енергоефективності генерації водню (рис.1.7.1) було проведено патентний аналіз на запропоновані способи інтенсифікації генерації водню.

Таблиця 1.7.1

Патентний аналіз існуючих рішень електролізерів

№: Патенту	Україна	Мехатрона система керування	Широтно- імпульсна модуляція	Ультразвукове поле
№:47989	Україна	Не використовується	Не використовується	Не використовується
№:4,726,888	США	використовується	використовується	Не використовується
№:US 2002/0074237 A1	США	використовується	використовується	Не використовується

З (таблиці 1.7.1) робимо висновок що дане рішення не використовувалося раніше.

Проведений інформаційний пошук (таб.1.7.1) встановив відсутність конструктивних рішень та відповідних експериментальних досліджень які могли бути закладені в конструкції електролізерів підвищеної ефективності (з модулями інтенсифікації). Таким чином, запропоновані зміни в конструкції електролізера дозволяють забезпечити автоматичне налаштування на режим максимальної енергоефективності, за рахунок системи охолодження та автоматики досягти стабільності процесу електролізу, а також підвищити продуктивність процесу електролізу за рахунок застосування ультразвукової кавітації, яка забезпечує активне перемішування електроліту на молекулярному рівні, суттєво зменшує градієнт концентрації іонів в білякатодному шарі, що впливає на поляризацію пластин-електродів та збільшує струм дифузії в процесі електролізу.

За результатами проведеної роботи підготовлено та подано Патент на винахід Мехатронний електролізер для отримання водню та кисню №

а201804271, дат. под. 18.04.2018 Луговський О.Ф., Ночніченко І.В., Зілінський А.І., Костюк Д.В. (форм. експер).

1.8. Фактори які впливають на характеристику електролізерів

Ефективність електролізу залежить від багатьох факторів, таких як: сила струму, напруга, щільність струму, джерела струму, вихід по току, температури, вихід по електроліту, тиску в системі, коефіцієнт корисної дії електроенергії, витрата електроенергії на одиницю отриманого продукту.

Сила струму електролізера характеризує його продуктивність. При збільшенні сили струму, що пропускається через електролізер, збільшується добуток газу Брауна при роботі даного електролізера.

Ефективність від електроліту - це результат електрохімічної реакції продукту, яке може бути утворене теоретично, виходячи з даного завантаження вихідного продукту. ККД електроенергії яка використовується - це відношення від теоретичної до практичної витраченої одиниці електроенергії.

Від часу пропускання через електроліт електричного струму і кількістю газу Брауна що утворюється є чітке співвідношення, що визначаються за допомогою законів Фарадея.

1.9. Енергетичний баланс комірки

Напруга розкладу, тобто мінімальна напруга на осередку, під якому можливий процес електролізу з виділенням водню і кисню, залежить від складу, температури електроліту а також матеріалу електродів. Ось 3 складових які здатні зменшити напругу при розкладанні:

- Матеріал електродів
- Концентрація електроліту
- Температура електроліту.

Теоретичне напруга розкладання при 25 С° - 1,23 В, при 80 С° - 1,18 В. Теоретичне напруга розкладання води дуже низька і залежить від температури електроліту.

Перенапруження виділення водню і кисню:

Перенапруження - це використання надмірної напруги при розкладанні молекули води.

Величини перенапруги виділення водню на катоді і кисню на аноді залежать від багатьох факторів: від матеріалу електрода, стану його поверхні, щільності струму, температури, складу і концентрації електроліту, наявності в ньому домішок, тривалості ведення електролізу. Така кількість факторів ускладнює встановлення точних залежностей.

На гладких поверхнях електродів перенапруження вище, ніж на шорсткуватих. Формування металевого губчастого осаду (відновлене залізо) може знижувати перенапруження.

З підвищенням температури перенапруження виділення водню і кисню зазвичай знижується приблизно в однаковій мірі на різних металах (2-4 мВ / С°). З підвищенням температури від кімнатної до 70-80С°, в більшості випадків перенапруження знижується на 30-40%.

1.10. Способи підвищення ККД електролізера

Одним з способів є застосовуючи нові матеріали та використовуючи енергію Сонця. Збільшення ефективності стандартного каталізатора в два рази - дуже важливе досягнення [13].

Ефективність електролізу залежить від того, наскільки довго проміжні продукти реакції затримуються на поверхні каталізатора. Автори наукової роботи виявили, що на стандартних каталізаторах із платини, родію і паладію вони затримуються занадто довго, і якщо послабити цей зв'язок, то ефективність реакції підвищується при тих же енерговитратах. Вони змінили властивості платинового каталізатора, завдавши на нього шар атомів міді.

Але є одна хитрість: ефект проявляється, якщо шар атомів міді нанести під верхнім шаром атомів платини, а не поверх його.

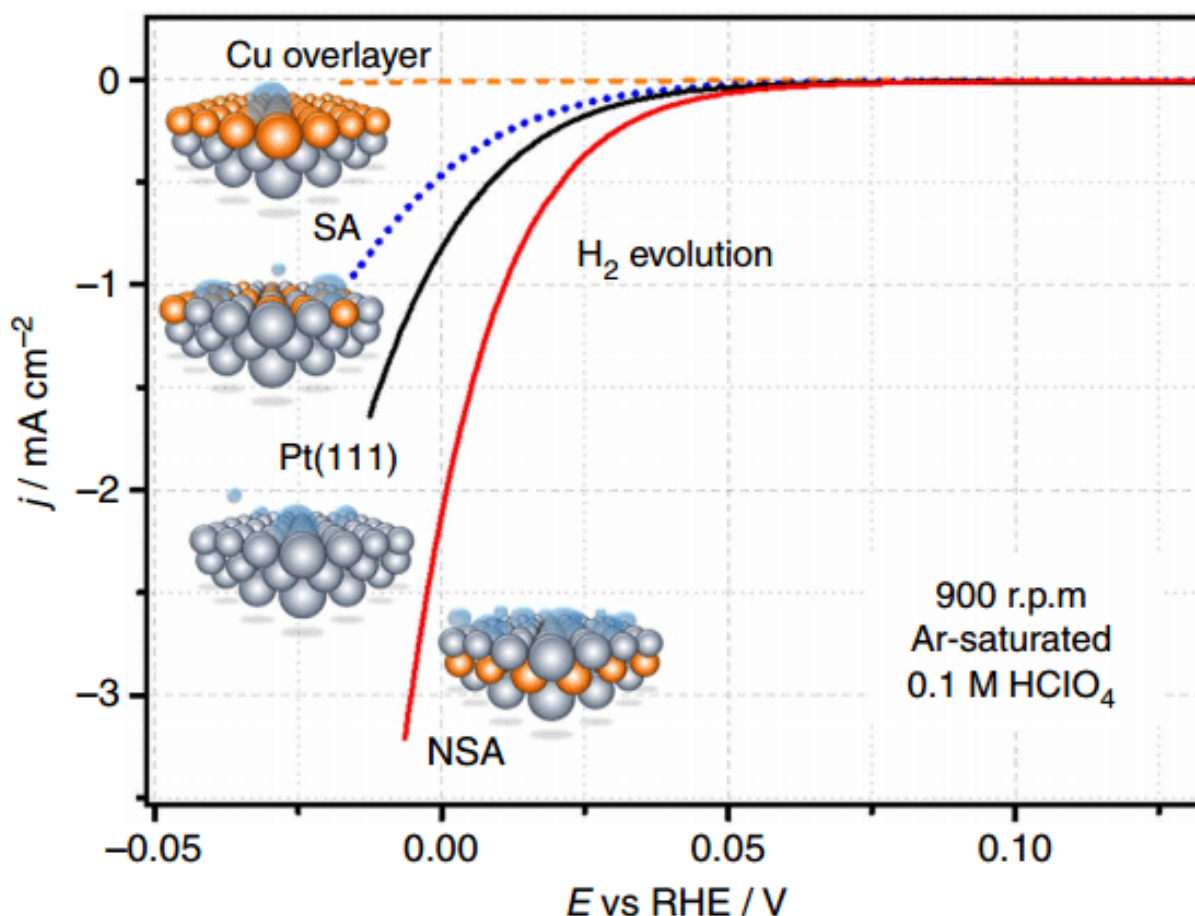


Рис.1.10.1. Вольт амперна х-ка для різних типів каталізаторів з платини і міді в HClO_4 [13]

Крім підвищення ефективності вдвічі, проявився і побічний ефект: такі каталізатори більш стійкі до корозії і довше працюють [13].

Цілі та задачі:

Метою роботи є покращення експлуатаційних характеристик технологічного процесу отримання воднево-кисневої суміші газів H_2O та підвищення ККД електролізера за рахунок автоматичної системи корегування

режимами роботи електролізера та використанням ультразвукового поля з ШІМ модулятором.

Для досягнення зазначеної мети в роботі поставлені наступні задачі:

- Аналіз конструкцій та особливостей роботи електролізерів з метою виявлення їх недоліків та можливостей покращення ефективності генерації воднево-кисневої суміші газів ННО.
- Розробити методику проведення дослідження в реакторі електролізера з блоком ультразвукового інтенсифікатора, підбір необхідного устаткування та створення експериментальний зразків електролізерів для фізичного моделювання.
- Теоретичне обґрунтування, створення та тестування математичної моделі продуктивності процесу електролізу.
- На основі проведених досліджень розробити рекомендації, щодо підвищення технологічного процесу отримання воднево-кисневої суміші газів ННО та підвищення ККД.

Об'єктом досліджень є процеси функціонування мехатронного електролізера з ультразвуковим інтенсифікатором та монополярною схемою підключення.

Предметом досліджень є взаємозв'язок параметрів та умов експлуатації з функціональними характеристиками, енергоефективності електролізера з ультразвуковим інтенсифікатором та ШІМ модулятором.

Висновки до розділу:

Електроліз не може замінити основні промислові способи добування водню. Але не можна не прийняти цей метод на технологічне озброєння як у рамках промисловості, так і у рамках локального застосування.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СХЕМИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ

2.1. Вихідні дані для розробки установки

$$P = 0,01 \dots 0,05 \text{ МПа};$$

$$Q = 0,07 \dots 2 \text{ л/хв};$$

$$T = 0 \dots +70^{\circ}\text{C};$$

$$I = 0,05 \dots 10 \text{ А};$$

$$U = 1,6 \dots 60 \text{ V}.$$

2.2. Розробка принципових схем установки

На сьогоднішній день одним з альтернативних видів палива являється водень. Електролізер набув широкого розповсюдження в водневій енергетиці [14,15]. Електроліз води відрізняється від інших методів отримання водню простотою технологічної схеми, доступністю води в якості сировини, простотою обслуговування установок, високою надійністю в експлуатації. На (рис 2.2.1.) Зображено блок схемою простий класичний електролізер.

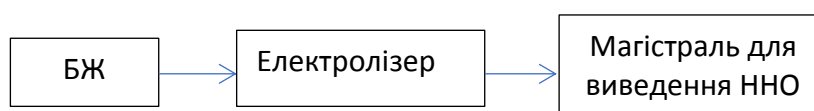


Рис.2.2.1. Спрощена блок-схема класичного електролізера

Основним недоліком електрохімічного методу отримання водню є його велика енергоємність, тому для водневої енергетики перспективною і актуальною є розробка електрохімічних технологій генерації водню з використанням оборотних процесів чи альтернативних джерел енергії. Такі альтернативні джерела як вітрові, сонячні чи водні можуть повністю

забезпечити роботу даного пристрою. Першим етапом підвищити ефективність електролізера є використовуємо ШІМ модулятор (Рис.2.2.2.).

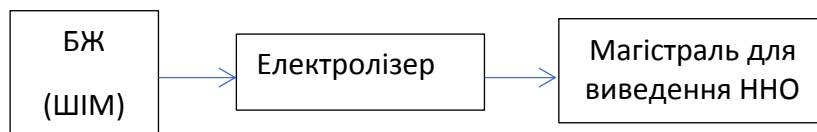


Рис.2.2.2. Спрощена блок-схема першого етапу модернізації електролізера

Другим етапом підвищення ефективності електролізера (Рис.2.2.3.) було застосування в конструкції електролізера ультразвукового випромінювача, який створює ультразвукове поле в електроліті, відбувається постійне очищення пластин (від накипу окислення) та зменшення коагуляції та налипання на пластини водневих та кисневих пухирців. При цьому об'єм видобутку водню зростає.

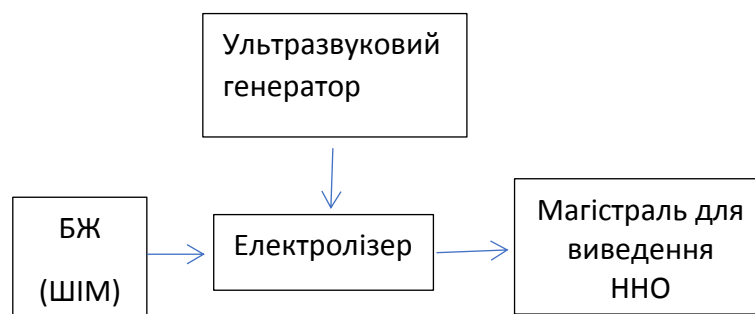


Рис.2.2.3. Спрощена блок-схема другого етапу модернізації електролізера

Звідси і ефективність та ККД електролізера підвищується за рахунок двох етапів модернізації.

2.2.1. Пневматичні варіанти (схема пневматична принципова)

Пневматичний варіант принципової схеми (рис.2.2.4)

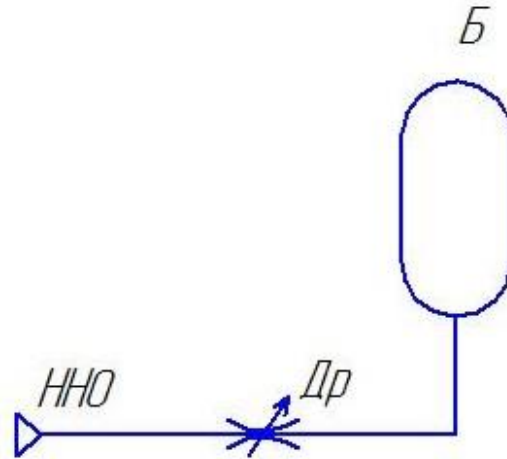


Рис.2.2.4 Пневматичний варіант принципової схеми

являє собою тиск газу ННО який рухається по магістралі через регулюючий дросель в ресивер, де він накопичується. Ресивер позначений буквою «Б».

2.2.2. Електричні варіанти (схема електрична принципова)

Підвищення ефективності генерації водню за рахунок застосування ШІМ модулятора, ультразвукового поля і мехатроники системи керування. Але для підтвердження експериментальних даних було розроблено три принципових електричних схем. В яких ми не накопичуємо газ.

Перша схема класичного електролізера (рис.2.2.5). В класичного електролізера низький ККД, тому даний варіант не енергоефективний.

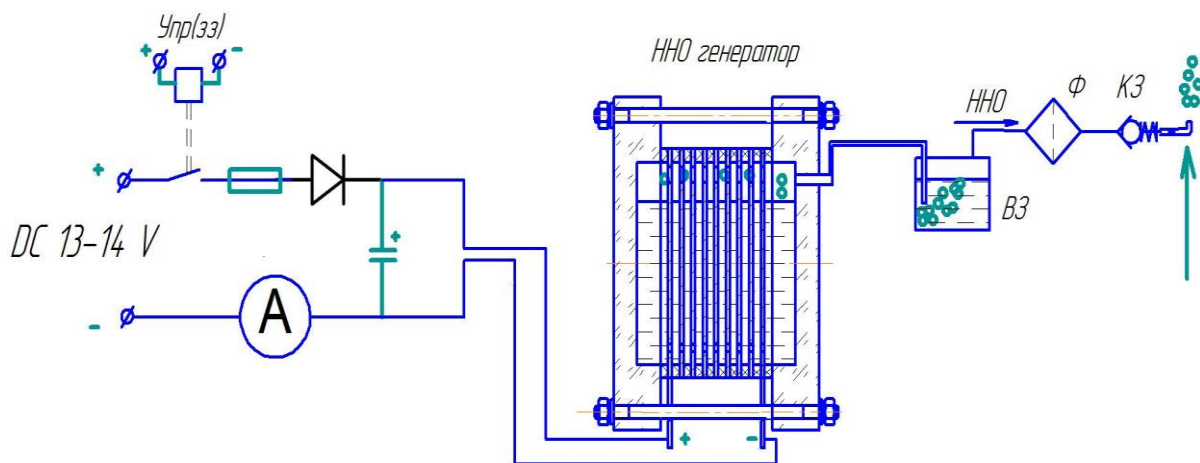


Рис.2.2.5 Схема електрична принципова класичного електролізера

В другому варіанті було додано ШІМ модулятор та електронний блок керування (Рис.2.2.6). ШІМ модулятор підвищує ККД електролізера за рахунок подачі напруги імпульсами, які зменшують нагрівання пластин та зменшують споживання електроенергії, за рахунок чого підвищуються ефективність пристрою. Електричний блок керування постійно контролює та підтримує найпродуктивнішу температуру.

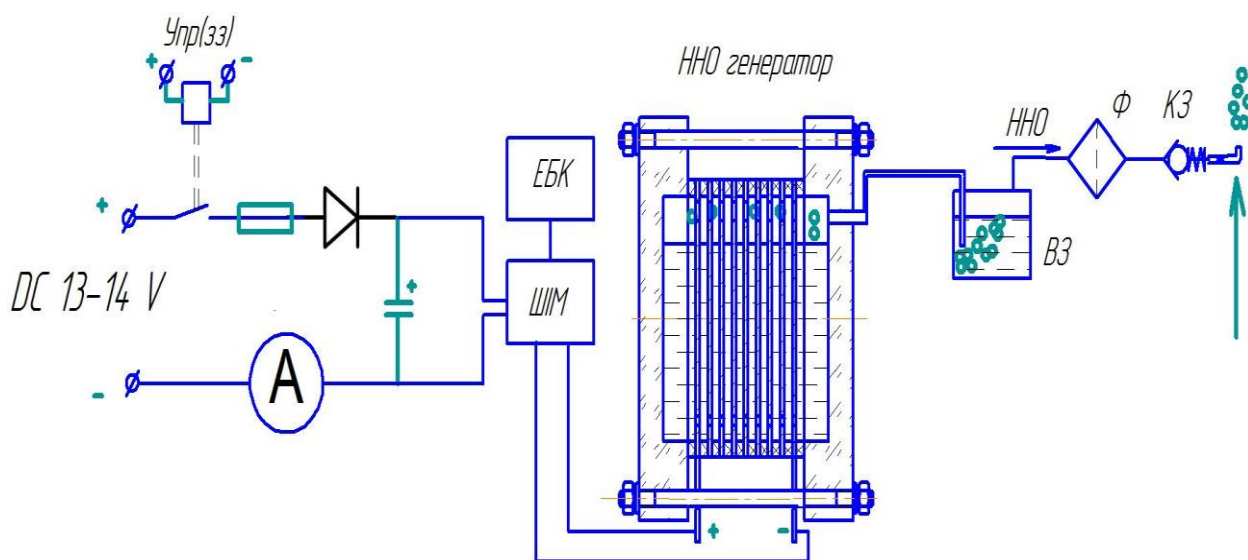


Рис.2.2.6 Схема електрична принципова електролізера з ШІМ модулятором та електронним блоком керування

В третьому варіанті було додано ШІМ модулятор, електронний блок керування та ультразвуковий генератор (рис.2.2.7). Ультразвукове поле слугує для очищення пластин які постійно окислюються і втрачається провідність, а звідси і падає ККД пристрою.

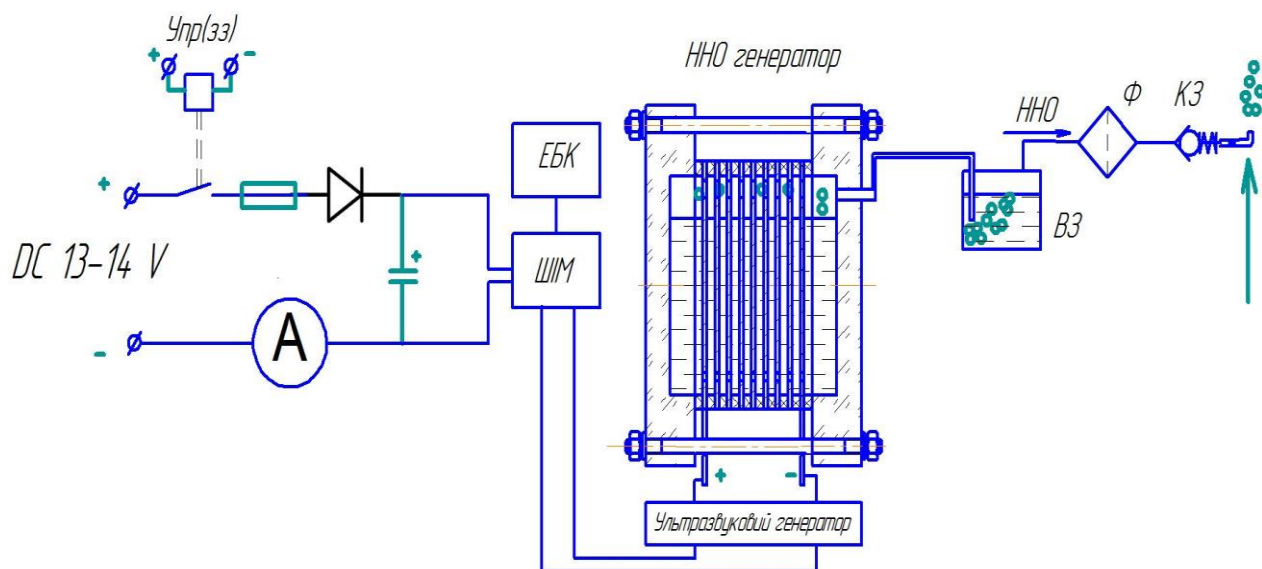


Рис.2.2.7 Схема електрична принципова електролізу з ШІМ модулятором, електронним блоком керування та ультразвуковим генератором

Останій варіант електролізу з ШІМ модулятором, електричним блоком керування та ультразвуковим полем, є най ефективнішим. Тому що підтримується най ефективніша температура роботи, зменшується споживання та пластини постійно очищені від окисненої плівки.

На (рис. 2.2.8) електрична схема принципова з застосуванням електролізу з використанням охолодження за допомогою якого збільшиця час безперервної роботи пристрою в автономному режимі.

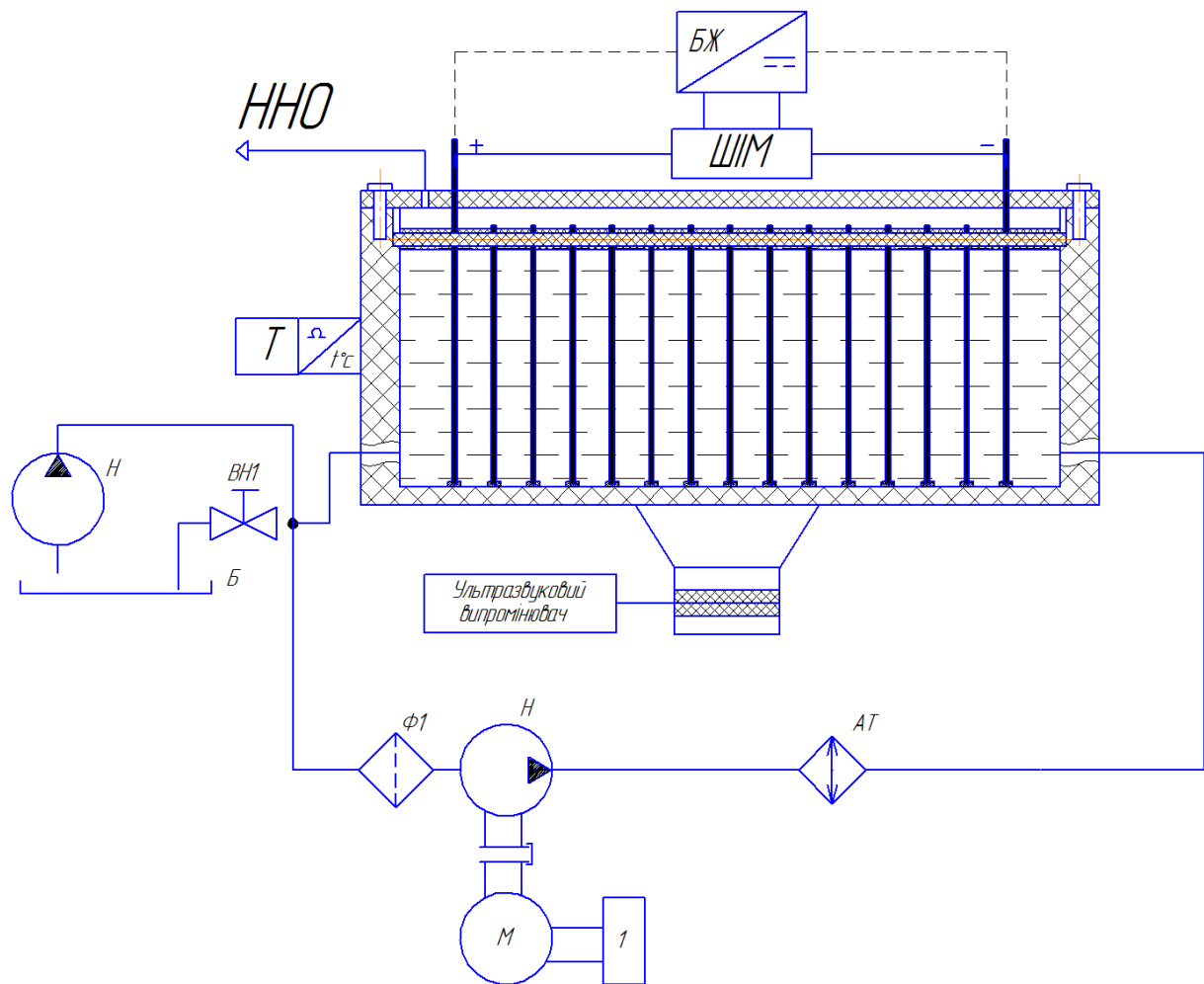


Рис.2.2.8. Схема підключення електролізера з автономною системою охолодження (1- вхід для підключення контролера PLC)

Підтримка най ефективнішого температурного режиму приведе до збільшення продуктивності електролізера та збільшить час безперервної роботи електролізеру.

2.3. Розрахунки на міцність елементів установки

Розрахуємо товщину стінки корпусу на жорсткість конструкції, де знаходиться ультразвуковий випромінювач (рис.2.3.1).

δ – стінка яку розраховуємо.

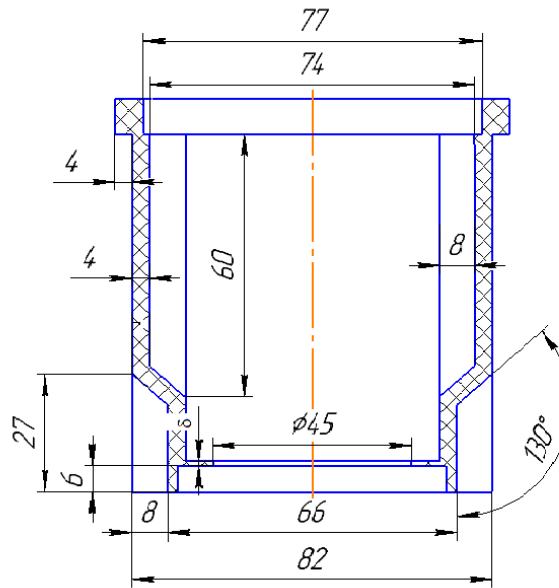


Рис.2.3.1 Корпус електролізера

$$\delta = \frac{p \cdot D_B}{\frac{4}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\sigma_m}{n} \cdot p} = \frac{40 \cdot 45}{\frac{4}{\sqrt{3}} \cdot \frac{360}{1,5} \cdot 40} = 3,5 \text{ мм}$$

Для забезпечення більшої жорсткості конструкції прийmemo $\delta = 4 \text{ мм}$.

2.3.1 Розрахунок процесу електролізу за законами Фарадея

Маса речовини, що виділилася на електроді при проходженні по розчину електроліту електричного струму, прямо пропорційна кількості електрики.

$$\Delta m = kQ \quad (2)$$

де Δm – кількість речовини; Q – кількість електрики; k – коефіцієнт пропорційності, що показує, скільки речовини прореагувало при проходженні одиниці кількості електрики. Величина, k називається електрохімічним еквівалентом.

$$k = M / (N_A z |e|) \quad (3)$$

де z – валентність іона; M – молярна маса речовини, що виділилася на електроді; N_A – Постійна Авогадро [16].

$$|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

Згідно з другим законом Фарадея, при певній кількості пройденої напруги співвідношення мас прореагуваної речовини дорівнює відношенню їх хімічних еквівалентів:

$$\Delta m_1 / A_1 = \Delta m_2 / A_2 = \Delta m_3 / A_3 = \text{const} \quad (4)$$

Хімічний еквівалент елемента, дорівнює відношенню частини маси елемента, яка приєднує або заміщає в хімічних сполуках одну атомну масу водню або половину атомної маси кисню, до $1/12$ маси атома C^{12} . Поняття "хімічний еквівалент" можна застосувати і до з'єднань. Так, хімічний еквівалент кислоти чисельно дорівнює її молярній масі, поділеній на основність (число іонів водню), хімічний еквівалент треба підставити до його молярної маси, поділеній на кислотність (у неорганічній основі - на число гідроксильних груп), хімічний еквівалент солі - її молярної маси, поділеній на суму зарядів катіонів або аніонів [17].

2.3.2. Розрахунок концентрації електроліту

Концентрація лугу повільно збільшується і досягає максимального значення при лужній концентрації більше 3,8 г/л. В цих умовах швидкість опору току близька до швидкості електроміграції іонів OH^- . При подальшому зниженні опору току і росте концентрації лугу вище 3,8 г/л. Вихід по току різко падає за рахунок потрапляння іонів OH^- в анодний простір. При цьому в

католіті (рис.2.3.2) збільшується концентрація хлору та в зв'язку з взаємодією лугу та хлору аноліті.



Рис.2.3.2 Залежність виходу по току від концентрації лугу в католіті при електролізі 6,45 н. розчину солі з горизонтальною діафрагмою:

1 - Вихід по струму; 2 - вміст гіпохлорита; 3 - вміст хлорату

В цих міркуваннях концентрацію лугу можна замінити ступенем перетворення α_n хлориду в гідроксиді. Тоді максимальний вихід по току досягається при $\alpha_n = 0,50 - 0,55$.

Якщо електроліз проводиться при підвищені температурах (90-100°C), то то випаровування води і винесення парів води з хлором і воднем може значно змінювати концентрацію лугу і хлору в католіті та спотворювати характер залежності виходу по току від концентрації лугу. При використанні ступені перетворення хлориду в гідроксиди зміни концентрації солей в католіті (рис.2.3.3) за рахунок випаровування води не відображається на залежності, визначаючі вихід по току.

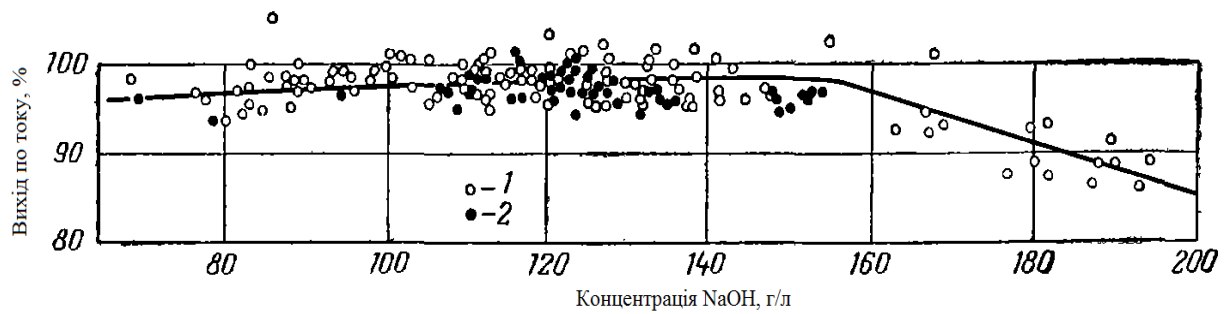


Рис.2.3.3 Залежність виходу по току від концентрації лугу в катоді з вертикальною діафрагмою: 1 – електролізер з звичайною азбестовою діафрагмою; 2 – електролізери з асболатексною діафрагмою

2.3.3. Розрахунок водневої магістралі

Розрахунок водневої магістралі (Рис.2.3.4) проведено за формулою: газодинамічний стан газового струменю можна оцінити числом Рейнольдса:

$$Re = U_m \cdot d \div \nu,$$

Де ν - кінематична в'язкість газу, $\frac{m^2}{c}$; d – діаметр поперечного перерізу вихідного каналу, м; U_m – середня швидкість газового потоку в вихідному каналі, м/с.

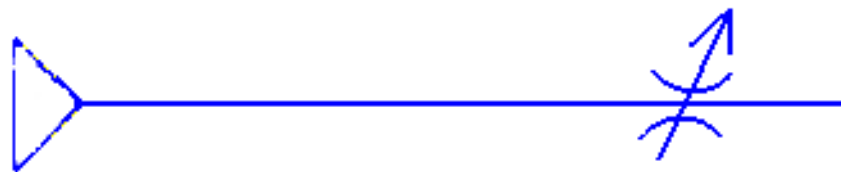


Рис. 2.3.4 Розрахункова схема водневої магістралі

Рекомендовану витрату та діапазон середній швидкостей витоку струменю воднево-кисневої суміші з стандартних дроселів дивимося в таблиці [18].

$$d = 3,5 \text{ мм};$$

$$V = 36,93 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} - \text{кінематична в'язкість для газу Брауна};$$

$$U_m = 123 \dots 205 \text{ м/с}.$$

Звідси підставляючи дані в формулу Рейнольдса:

$$R_e = 123 \cdot 0,0035 \div (36,93 \cdot 10^{-6}) = 14350$$

2.3.4. Вибір матеріалу пластин

Залежність перенапруження водню на різних електродах від величини радіуса атома металу зображено на (рис.2.3.5). Найбільш низьке перенапруження виділення водню характерно для металів з атомами радіусом більше 1.38Å, близьким до радіусу молекули води. Перенапруження водню зростає на металах як з великим, так і з маленьким атомним радіусом.

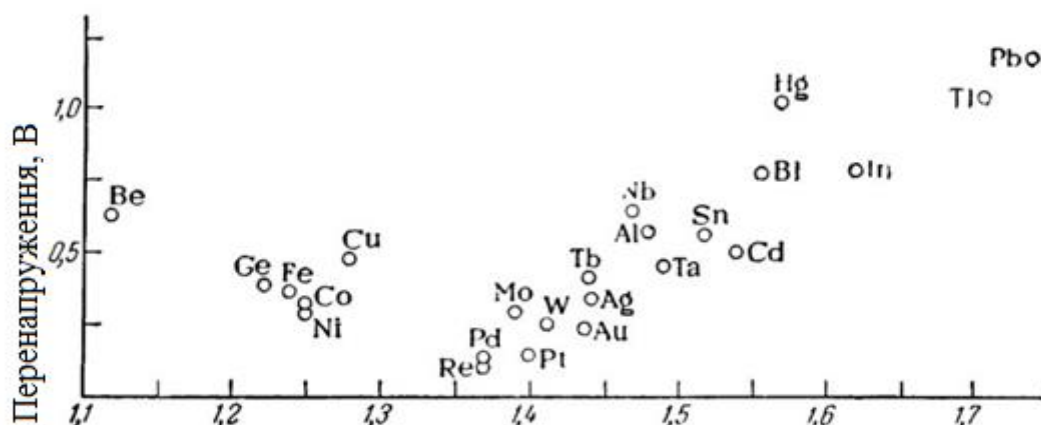


Рис.2.3.5 Залежність перенапруження водню на різних електродах від величини радіуса атома металу

Зверніть увагу (рис.2.3.5) на нижню шкалу в межах від 1,3 до 1,4. Тут знаходяться 4 металу з найменшим перенапруженням виділення водню:

- Ренійський (1,37).
- Паладій (1,38).
- Молібден (1,39).
- Платина (1,39).

Це метали або рідкісні або дорогі і недоступні для виробництва електролізерів в побутових умовах.

Тому давайте подивимося лівіше. Тут у нас є:

- Нікель (1,24) .
- Кобальт (1,25).
- Залізо (1,26).

З них Нікель і Залізо цілком доступні. Але найбільш доступним металом є нержавіюча сталь яка найбільш стійка до лужного середовища, отже матеріал для плвстин обираєми нержавіючу сталь.

2.4. Розрахунок ультразвукових резонансних приводів-випромінювачів зі складовими п'єзоелектричними перетворювачами

Ультразвукові диспергатори рідини дозволяють отримати дрібнодисперсний аерозоль із заданою формою факела розпилення. Форма факела визначається геометрією розпилюючі поверхні, для отримання якої на кінці ультразвукового трансформатора швидкості створюють потовщення або кріплять додатковий вібраційний елемент, наприклад, у вигляді кільця, що забезпечує розпилення рідини своєї бічною поверхнею, що здійснює радіально-ізгібніе коливання.

1/2-хвильовий ультразвуковий диспергатор

Мінімальні габарити конструкції диспергатора дозволяє забезпечити застосування 1/2-хвильової акустичної системи (рис.2.3.4). Для такої, що

здійснює гармонічні коливання, системи рішення загальних рівняння поздовжніх коливань можуть бути записані як :

$$U_1(x,t) = \left(A \cos \frac{\omega}{C_1} x + B \sin \frac{\omega}{C_1} x \right) \sin(\omega t + \varphi) ; \quad (6)$$

$$U_2(x,t) = \left(C \cos \frac{\omega}{C_2} x + D \sin \frac{\omega}{C_2} x \right) \sin(\omega t + \varphi) ; \quad (7)$$

$$U_3(x,t) = \left(Q \cos \frac{\omega}{C_3} x + G \sin \frac{\omega}{C_3} x \right) \sin(\omega t + \varphi) ; \quad (8)$$

Граничні умови для коливальної системи відповідно до розрахункової схемою рис.2.4.1 представимо у вигляді:

$$U_3 = 0 \text{ при } x = -a_3 ; \quad (9)$$

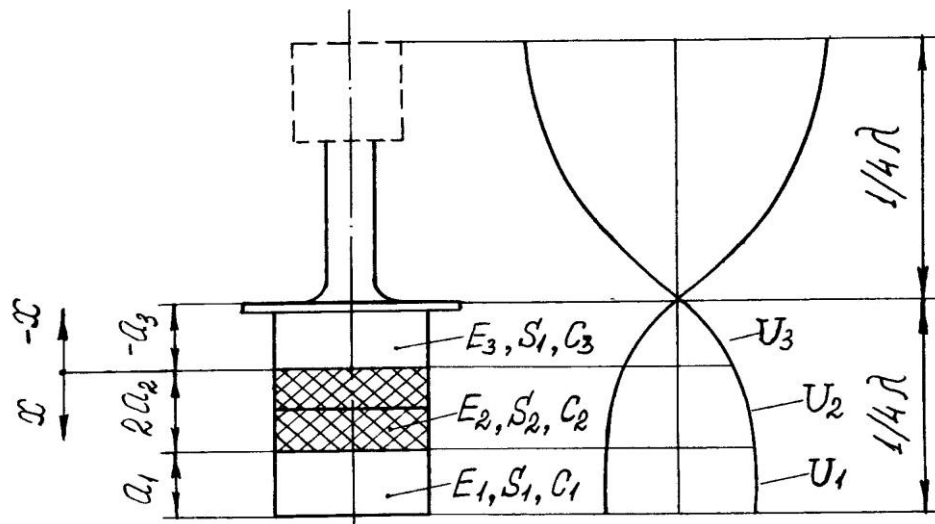


Рис.2.4.1 Розрахункова схема 1/2-хвильового ультразвукового диспергатора

$$\left. \begin{aligned} U_2 &= U_3 \\ E_2 S_2 \frac{\partial U_2}{\partial x} &= E_3 S_1 \frac{\partial U_3}{\partial x} \end{aligned} \right\} \text{при } x=0; \quad (10)$$

$$\left. \begin{aligned} U_2 &= U_1 \\ E_2 S_2 \frac{\partial U_2}{\partial x} &= E_1 S_1 \frac{\partial U_1}{\partial x} \end{aligned} \right\} \text{при } x=2 a_2; \quad (11)$$

$$\frac{\partial U_1}{\partial x} = 0 \quad \text{при } x = a_1 + 2 a_2. \quad (12)$$

Облік умови (9) дозволяє з рівняння (8) отримати:

$$Q \cos \frac{\omega}{C_3} a_3 = G \sin \frac{\omega}{C_3} a_1;$$

$$\text{або} \quad Q = G \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_3} a_3. \quad (13)$$

При цьому рівняння (60) набуде вигляду:

$$U_3(x, t) = G \left(\sin \frac{\omega}{C_3} x + \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_3} a_3 \cos \frac{\omega}{C_3} x \right) \sin(\omega t + \varphi). \quad (14)$$

Перша половина граничної умови (11) дозволяє з рівнянь (8) і (7) отримати:

$$C = G \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_3} a_3. \quad (15)$$

Друга половина умови (6) після диференціювання рівнянь (7) і (14) дозволяє записати:

$$E_2 S_2 \frac{D}{C_2} = E_3 S_1 \frac{G}{C_3} ;$$

$$\text{або} \quad \frac{D}{G} = \frac{E_3}{E_2} \frac{S_1 C_2}{S_2 C_3} . \quad (16)$$

Тоді спільне рішення (15) і (16) дозволяє отримати:

$$\frac{D}{C} = \frac{E_3}{E_2} \frac{S_1 C_2}{S_2 C_3 \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_3} a_3} . \quad (17)$$

Гранична умова (17) призводить рівняння (12) до рівності:

$$B = A \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_1} (a_1 + 2a_2) . \quad (18)$$

З урахуванням (70) рівняння (58) перепишемо у вигляді:

$$U_1(x, t) = A \left[\cos \frac{\omega}{C_1} x + \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_1} (a_1 + 2a_2) \sin \frac{\omega}{C_1} x \right] \sin(\omega t + \varphi) . \quad (19)$$

Облік першої половини умови (8) призводить рівняння (14) і (19) до виду:

$$C(\cos \frac{\omega}{C_2} 2a_2 + \frac{D}{C} \sin \frac{\omega}{C_2} 2a_2) = A[\cos \frac{\omega}{C_1} 2a_2 + \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_1} (a_1 + 2a_2) \sin \frac{\omega}{C_1} 2a_2] \quad (20)$$

Друга половина граничної умови (8) дозволяє після диференціювання записати рівність (12):

$$C(\frac{D}{C} \cos \frac{\omega}{C_2} 2a_2 - \sin \frac{\omega}{C_2} 2a_2) = A \frac{E_1 S_1 C_2}{E_2 S_2 C_1} [\operatorname{tg} \frac{\omega}{C_1} (a_1 + 2a_2) \cos \frac{\omega}{C_1} 2a_2 - \sin \frac{\omega}{C_1} 2a_2] \quad (21)$$

Розділивши рівності (20) і (21) і враховуючи співвідношення (17) після перетворень отримаємо вихідне вираз:

$$a_3 = \frac{C_3}{\omega} \operatorname{arctg} \frac{E_3 S_1 C_2 (Z \cos \frac{\omega}{C_2} 2a_2 - \sin \frac{\omega}{C_2} 2a_2)}{E_2 S_2 C_3 (Z \sin \frac{\omega}{C_2} 2a_2 + \cos \frac{\omega}{C_2} 2a_2)}, \quad (22)$$

$$Z = \frac{E_2 S_2 C_1 [\cos \frac{\omega}{C_1} 2a_2 + \operatorname{tg} \frac{\omega}{C_1} (a_1 + 2a_2) \sin \frac{\omega}{C_1} 2a_2]}{E_1 S_1 C_2 [\operatorname{tg} \frac{\omega}{C_1} (a_1 + 2a_2) \cos \frac{\omega}{C_1} 2a_2 - \sin \frac{\omega}{C_1} 2a_2]}$$

де

Отримані формули дозволяють визначити акустичні розміри елементів конструкцій ультразвукових диспергаторів з урахуванням їх узгодження з навантаженням.

2.5 Розробка методики проведення досліджень

Методика проведення експериментів: створити систему вимірювання для проведення дослідів на зміну характеристик електролізера, залежність часу за який набереться певний об'єм отриманого газу від зміни температури,

напруги, сили струму та вирахувати витрату. При використанні додаткових способи підвищення енергоефективності генерації водню. Для дослідів використовуємо таке обладнання(Рис.2.5.1.)

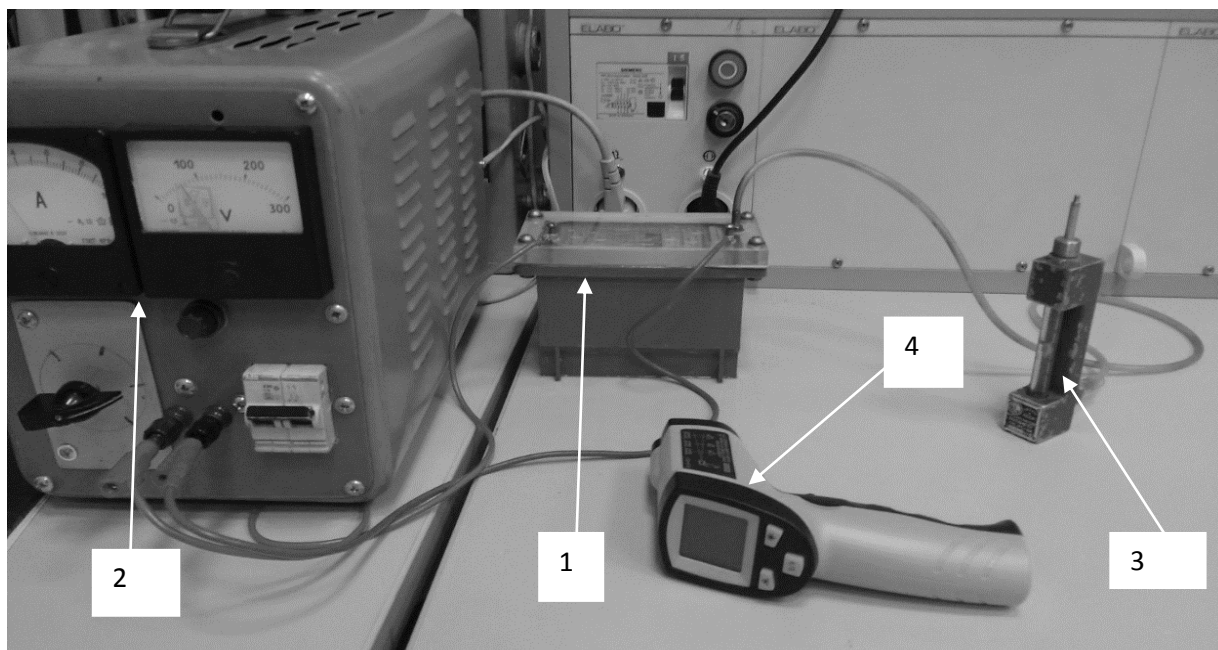


Рис. 2.5.1. Загальний вигляд експериментальної установки
(1 – електролізер; 2 – блок живлення постійної напруги; 3 – ротаметр
(витратомір); 4 – інфрачервоний термометр)

2.6. Обґрунтування та планування проведення експерименту

Перелік плану проведення експериментів :

- Проведення експерименту з електролізером.
- Проведення експерименту з додаванням ШІМ модулятора .
- Проведення експерименту з додаванням Ультразвукового поля.

Методика проведення експерименту з електролізером:

Подаємо напругу на анод та катод, при цьому на пластинах генерується газ Брауна який виділяється и проходить через магістраль та проходить через витратомір, за допомогою якого ми виміряємо добутий об'єм газу. Паралельно

вимірюємо температуру електролізера, яка постійно зростає. Знімаємо показники сили току та потужності, відштовхуючись від певного об'єму газу який добувається за певний час. Таким чином нам потрібно зняти та зафіксувати такі показники (Таб.2.6.1.):

Таблиця 2.6.1

Експериментальні дані

I, А сила струма	U, V	V, л об'єм газів	τ , с час	t, °C	Q л/хв

Для візуалізації проведених експериментів потрібно зробити графічні залежності.

2.7. Вибір апаратури

Вибір апаратури для керування процесом електролізера. Керування відбувається за допомогою мехатронної системи керування, яка складається з таких елементів(таб.2.7.1)

Таблиця 2.7.1

Підбір обладнання

Тип обладнання:	Назва:
Контролер	Arduino Uno
Датчик тиску	BMP180
LCD дисплей	LCD 1602
Температурний сенсор	DS18B20

З цього обладнання складається мехатронна система керування електролізера, за допомогою якої підвищується ефективність та керується процес отримання воднево-кисневої суміші. За допомогою датчика тиску та температурного сенсора відбувається контроль та підтримка най

ефективнішого режиму роботи електролізера з відображенням даних на дисплей.

2.8. Способи керування процесом електролізу

Керування може відбуватися за рахунок підтримання температурних режимів, концентрації електроліту, за допомогою контролера, який буде постійно підтримувати електролізер в най ефективнішому режимі роботи.

В середовищі «Fritzing» було розроблено програмний код та змодельована іметаційна електрична схема роботи контролера з датчиком тиску та температури і виведенням даних на дісплей (рис.2.8.1) для реалізації керування процесом за допомогою контролем температури робочої рідини, програмний код (див. Додаток А).

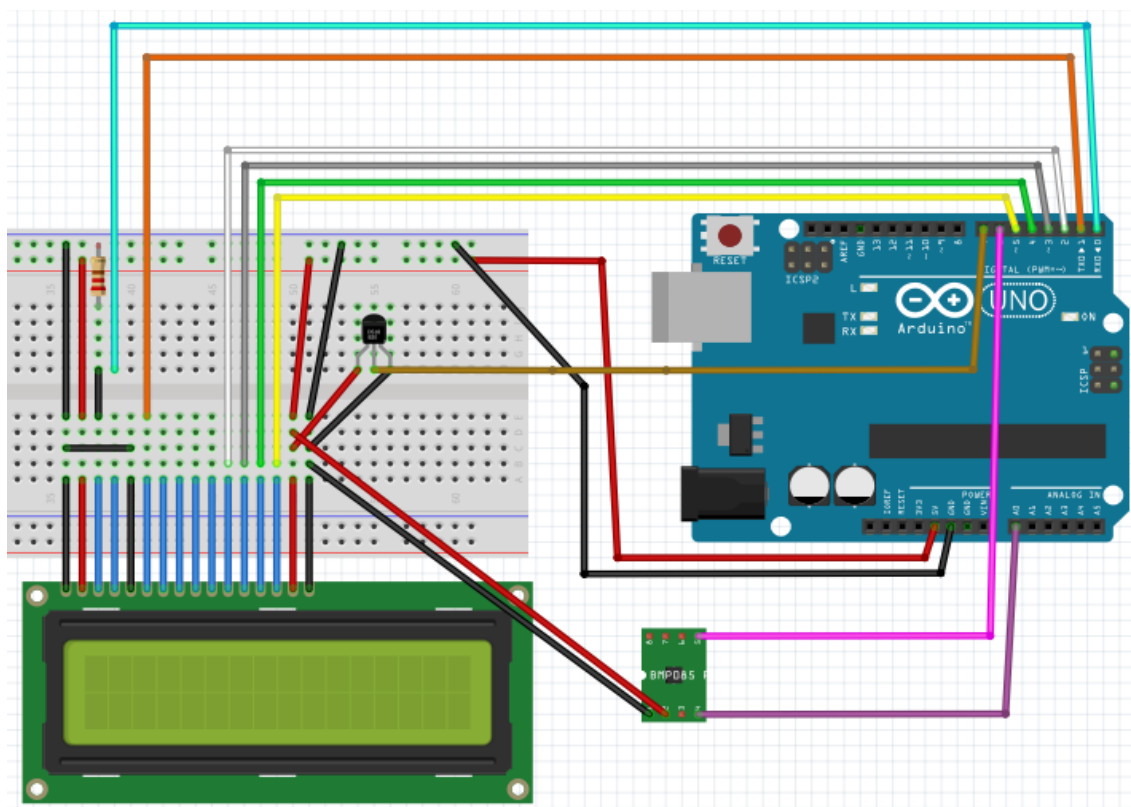


Рис.2.8.1 Робоче вікно програми -іметаційна електрична схема в середовищі «Fritzing»

Також один з способів керування за допомогою зміни сили струму, що впливатиме на продуктивність та нагрівання електроліту.

2.9. Розробка конструкційних елементів стенду

Першим етапом розробки експериментальної установки було проектування та виготовлення корпусу (рис.2.9.1). В конструкцію якої було ураховано ребра жорсткості для встановлення 25 пластин з нержавіючої сталі, та в дні корпусу розроблено отвір для встановлення ультразвукового випромінювача.

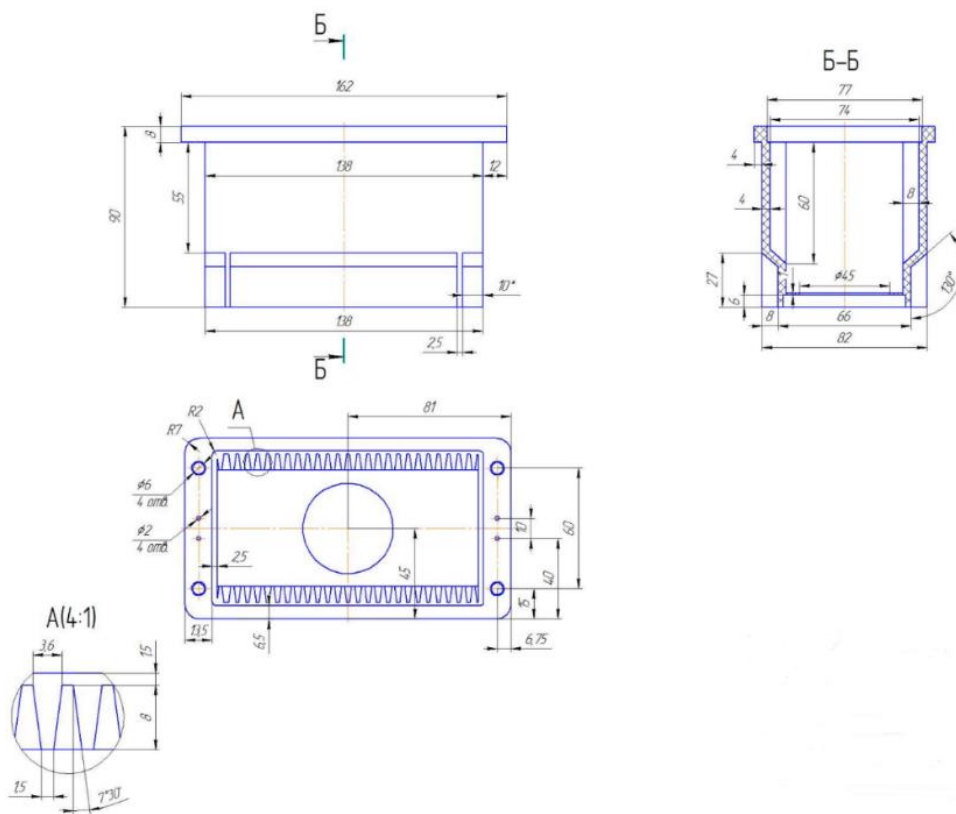


Рис.2.9.1 Корпус електролізера

Другим етапом проектувалася та виготовлялася пластина (Рис.2.9.2), яких потрібно 25 одиниць. Металом було обрано нержавіючу сталь. В

проектуванні враховувалося для циркуляції електроліту в пластинах повинно бути два технологічних отвори.

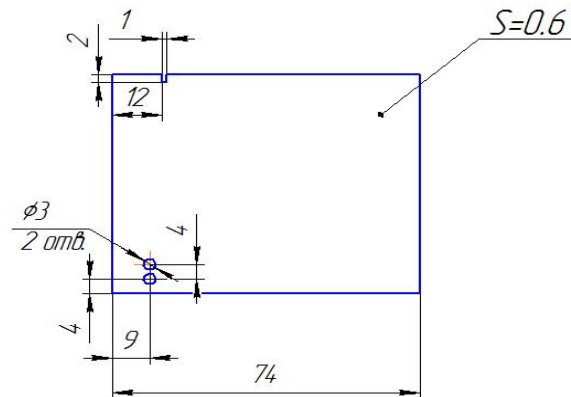


Рис.2.9.2 Пластина електролізера

Третім етапом розробки була кришка електролізера(Рис.2.9.3). Кришка виготовлена з органічного скла для візуалізації процесу. Та всі отвори наскрізні.

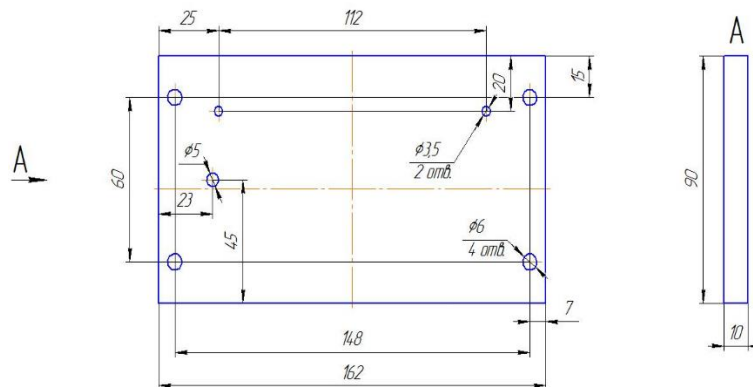
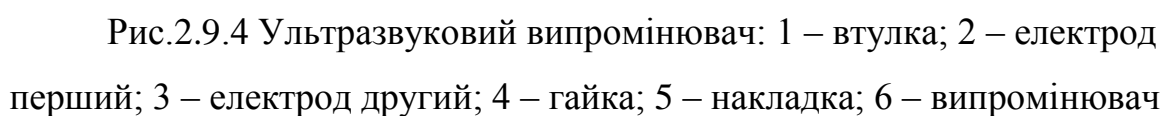
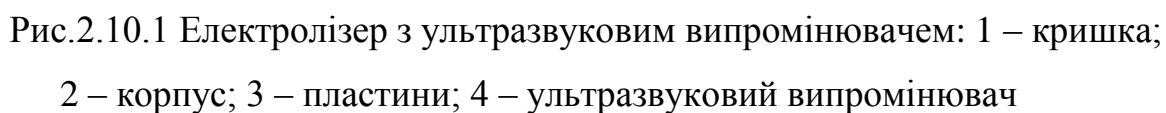


Рис.2.9.3 Кришка електролізера

Ультразвуковий випромінювач було розраховано а потім накреслено, випромінювач складається з 6 деталей(Рис.2.9.4).



Розроблено експериментальний прототип електролізера (рис.2.10.1) для проведення експериментальних досліджень. За допомогою яких спростуються або підтвердяться гіпотези, що до підвищення ефективності за рахунок економічності та підвищення ККД пристрою.



Згідно розглянутій схемі була зібрана експериментальна установка (рис.2.10.2).

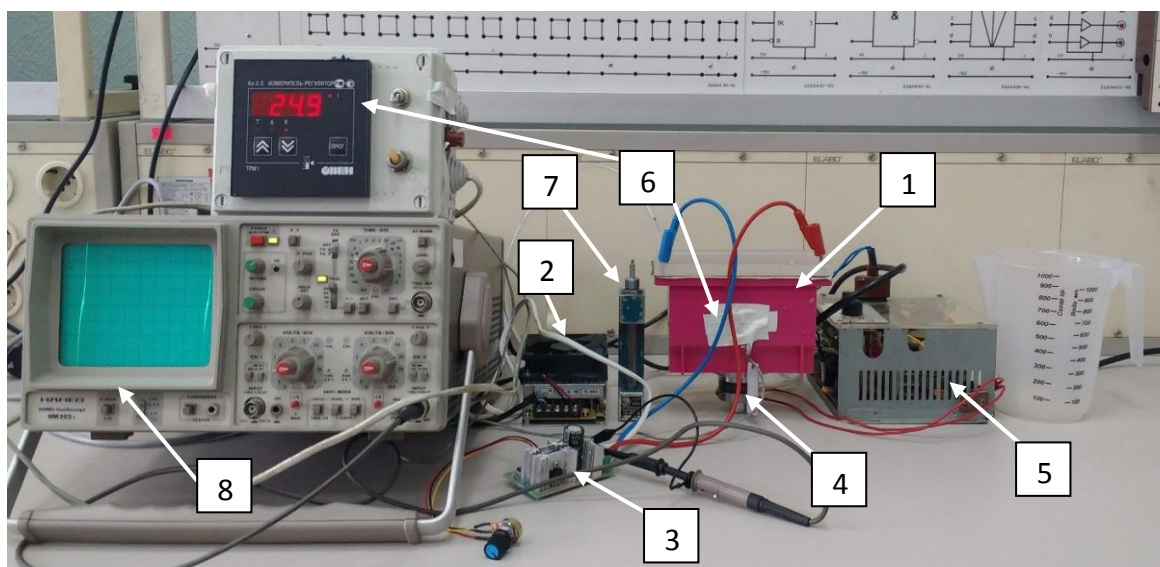


Рис.2.10.2 Стенд для проведення випробувань електролізера: 1 - електролізер, 2 - блок живлення, 3 - широтно-імпульсний модулятор, 4 - ультразвуковий випромінювач, 5 - ультразвуковий генератор, 6 - модуль вимірювання температури, 7 - ротаметр, 8- осцилографа

Після реалізації та створення робочого прототипу переходимо до перевірки розглянутих варіантів підвищення ефективності роботи електролізера.

Висновки до розділу:

Таким чином, запропонована модернізована принципова схема підтримує раціональні режими роботи електролізера, а застосування ультразвукового поля підвищить енергоефективність електролізу в цілому.

В той же час, запропоноване технічне рішення просте та може бути застосоване в інших типах електролізерів.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОЛІЗЕРА

Ціль: підвищення ефективності генерації газу Брауна за рахунок застосування ультразвукового поля і мехатроники системи керування.

Задачі:

- Дослідження впливу зміни температури на характеристики електролізера.
- Дослідження впливу ШІМ модулятора, електричного блоку керування та ультразвукового поля на ефективність процесу отримання газу Брауна.
- Визначення най ефективнішого технологічного рішення генерації газу Брауна.
- Оцінити вплив ультразвуку на очищення пластини електролізера.

3.1. Експериментальне дослідження роботи електролізера

Щоб побудувати основні характеристики електролізера потрібно провести експериментальне дослідження.

Експериментальні дослідження проводились в один етап з температурою електроліту з 25,8 t,°C до 49,6 °C (Таб.3.1.1)

Таблиця 3.1.1

Експеримент з електролізером без додаткових модулів

I, A сила струма	U, V	V, л об'єм газів	τ, с час	t, °C	Q л/хв
0,95	60	0,1	80,6	25,8	0,07444
0,95	60	0,1	78,5	26,3	0,07643
1	60	0,1	73,6	26,6	0,08152

Продовження Таблиці 3.1.1

0,95	60	0,1	70,7	27,2	0,08487
0,95	60	0,1	74,4	27,6	0,08065
1	60	0,1	64	28,2	0,09375
1	60	0,1	70,1	28,6	0,08559
0,95	60	0,1	60,075	29	0,09988
1	60	0,1	60,054	29,5	0,09991
1	60	0,1	60	30	0,1
0,95	60	0,1	58,1	30,6	0,10327
1	60	0,1	53,3	31,1	0,11257
1	60	0,1	54,2	32	0,1107
1,1	60	0,1	50,5	32,5	0,11881
1,1	60	0,1	50,3	33,1	0,11928
1,1	60	0,1	49,4	33,6	0,12146
1,1	60	0,1	49,3	34,3	0,1217
1,05	60	0,1	49,8	34,7	0,12048
1,05	60	0,1	43,9	35,1	0,13667
1,1	60	0,1	45,9	35,6	0,13072
1,15	60	0,1	46,2	36	0,12987
1,2	60	0,1	40,2	36,5	0,14925
1,2	60	0,1	42	36,8	0,14286
1,1	60	0,1	40,8	37,2	0,14706
1,4	60	0,1	38,3	37,9	0,15666
1,4	60	0,1	39,6	38,2	0,15152
1,6	60	0,1	36,5	39,6	0,16438
1,6	60	0,1	35,9	40	0,16713
1,4	60	0,1	34,9	40,4	0,17192
1,1	60	0,1	33,9	40,9	0,17699
1,1	60	0,1	34,6	41,6	0,17341
1,6	60	0,1	33,1	41,6	0,18127
1,6	60	0,1	33,3	42,2	0,18018
1,6	60	0,1	32,5	42,5	0,18462
1,6	60	0,1	35,1	42,7	0,17094

Продовження Таблиці 3.1.1

1,4	60	0,1	33,2	43,2	0,18072
1,2	60	0,1	30,5	43,9	0,19672
1,2	60	0,1	31,2	44,4	0,19231
1,2	60	0,1	31,2	44,9	0,19231
1,2	60	0,1	28,5	45,2	0,21053
1,8	60	0,1	30,1	45,4	0,19934
1,8	60	0,1	27,4	45,5	0,21898
1,8	60	0,1	27,4	45,5	0,21898
1,6	60	0,1	28,4	45,8	0,21127
1,4	60	0,1	25,2	46,2	0,2381
1,8	60	0,1	28,3	46,4	0,21201
1,6	60	0,1	28	46,6	0,21429
2	60	0,1	26,9	46,9	0,22305
1,9	60	0,1	26,9	47,3	0,22305
1,9	60	0,1	27,9	47,2	0,21505
1,9	60	0,1	28,1	47,5	0,21352
1,4	60	0,1	26	48	0,23077
1,9	60	0,1	26,2	48,5	0,22901
2	60	0,1	24,7	48,7	0,24291
1,8	60	0,1	24,5	48,9	0,2449
1,6	60	0,1	24	49	0,25
1,4	60	0,1	24	49,6	0,25

3.2 Експериментальне дослідження роботи електролізера з ШІМ модулятором

Експериментальні дослідження з додаванням ШІМ модулятора та ультразвукового поля проводились в два етап з температурою електроліту з 28,8 t, °C до 51,3 °C (Таб.3.2.1) та (Таб.3.2.2) при максимальному ШІМ.

Таблиця 3.2.1

Експеримент з ШІМ

I, А сила струма	U, V	V, л об'єм газів	τ, с час	t, °C	Q л/хв	P, Вт
1,2	60	0,1	58,4	28,8	0,10274	120
1,2	60	0,1	58,6	29	0,10239	120
1,1	60	0,1	57,09	29,4	0,1051	120
1	60	0,1	55,07	30,1	0,10895	122
1	60	0,1	55,6	30,8	0,10791	122
1,1	60	0,1	50,3	31,3	0,11928	122
1,1	60	0,1	47,3	32,1	0,12685	130
1,3	60	0,1	45,4	33	0,13216	130
1,2	60	0,1	49,3	33,2	0,1217	138
1,2	60	0,1	43,9	33,8	0,13667	138
1,3	60	0,1	46,1	33,9	0,13015	138
1,3	60	0,1	42,5	34,6	0,14118	138
1,3	60	0,1	41,6	35,7	0,14423	140
1,2	60	0,1	39,5	35,6	0,1519	140
1,5	60	0,1	41,5	36	0,14458	140
1,4	60	0,1	39	36,6	0,15385	148
1,4	60	0,1	37,9	37,5	0,15831	148
1,5	60	0,1	38,5	37,7	0,15584	148
1,5	60	0,1	36,8	38,1	0,16304	148
1,5	60	0,1	38	38,5	0,15789	150
1,5	60	0,1	35,4	39	0,16949	150
1,4	60	0,1	35,5	39,3	0,16901	154
1,6	60	0,1	35,8	39,6	0,1676	154
1,6	60	0,1	35,4	40,2	0,16949	158
1,6	60	0,1	32,7	41,5	0,18349	154
1,8	60	0,1	34,2	41,5	0,17544	157
1,8	60	0,1	31	41,7	0,19355	147
1,7	60	0,1	33,5	42,2	0,1791	160

Продовження Таблиці 3.2.1

1,9	60	0,1	30,6	42,7	0,19608	162
1,9	60	0,1	30,7	43,4	0,19544	159
1,8	60	0,1	28	43,6	0,21429	157
1,8	60	0,1	26,9	44,3	0,22305	159
1,9	60	0,1	28,3	44,4	0,21201	161
1,8	60	0,1	27	44,5	0,22222	159
1,8	60	0,1	27,3	44,8	0,21978	165
1,9	60	0,1	28,4	45,2	0,21127	163
1,9	60	0,1	28,2	45,4	0,21277	162
1,9	60	0,1	27	45,7	0,22222	168
1,8	60	0,1	28,1	46,2	0,21352	162
1,9	60	0,1	25,8	46,6	0,23256	172
2	60	0,1	25,7	47,2	0,23346	166
1,9	60	0,1	25,1	47,4	0,23904	167
1,9	60	0,1	25,8	47,5	0,23256	166
1,9	60	0,1	25,3	48,2	0,23715	173
2	60	0,1	24,8	48,3	0,24194	168
2	60	0,1	25,3	48,2	0,23715	171
2	60	0,1	24,6	48,4	0,2439	174
2	60	0,1	25,5	48,6	0,23529	173
1,9	60	0,1	24,9	49,1	0,24096	184
2	60	0,1	22,8	49,4	0,26316	171
2,1	60	0,1	24,1	49,6	0,24896	181
2,1	60	0,1	23,9	49,9	0,25105	183
2,2	60	0,1	22,9	50	0,26201	181

Таблиця 3.2.2

Експеримент з ШІМ на максимальних параметрах

ШІМ максаксимальний						
I, А сила струма	U, V	V, л об'єм газів	τ , с час	t, °C	Q л/хв	I, А сила струма
2,5	60	0,1	16,4	50,8	0,36585	215
2,5	60	0,1	16,3	50,8	0,3681	213
2,5	60	0,1	17,7	50,9	0,33898	217
2,5	60	0,1	16	51,3	0,375	220

3.3. Експериментальне дослідження роботи електролізера з ШІМ модулятором в ультразвуковому полі

Експериментальні дослідження з додаванням ШІМ модулятора проводились в один етап з температурою електроліту з 25,3 t, °C до 52,3 °C (Таб.3.3.1) та (Таб. 3.3.2) перший етап, (Таб.3.3.3) та (Таб. 3.3.4) другий етап.

Таблиця 3.3.1 - Перший етап

Експеримент з ШІМ та ультразвуковим полем

I, А	U, V	V, л	τ , с	t, °C	Q л/хв	P, Вт
1,1	60	0,1	76,3	25,3	0,07864	30
1,1	60	0,1	73,6	26	0,08152	30
1,1	60	0,1	67,3	26,4	0,08915	30
1	60	0,1	67	26,8	0,08955	35
1	60	0,1	59,5	27,5	0,10084	53
1	60	0,1	54,4	27,9	0,11029	47
1	60	0,1	56,4	28,4	0,10638	45
1,2	60	0,1	53,1	30,4	0,11299	45
1,3	60	0,1	53	30,9	0,11321	45
1,1	60	0,1	50	32	0,12	45

Продовження Таблиці 3.3.1

1,3	60	0,1	49,7	33,8	0,12072	45
1,3	60	0,1	47	34,1	0,12766	45
1,4	60	0,1	44,8	35	0,13393	45
1,4	60	0,1	43	36,2	0,13953	45
1,4	60	0,1	44,1	36,5	0,13605	45
1,5	60	0,1	41,2	37,3	0,14563	45
1,5	60	0,1	40,1	37,7	0,14963	45
1,6	60	0,1	39,6	38,6	0,15152	45
1,6	60	0,1	39,5	39,1	0,1519	45
1,6	60	0,1	36,9	39,6	0,1626	45
1,6	60	0,1	37,8	40,8	0,15873	45
1,7	60	0,1	38	41,6	0,15789	45
1,7	60	0,1	33,7	42,4	0,17804	45
1,8	60	0,1	35,3	42,7	0,16997	45
1,7	60	0,1	35	42,9	0,17143	45
1,9	60	0,1	31,7	43,6	0,18927	45
1,8	60	0,1	31,3	44,1	0,19169	45
1,9	60	0,1	31,3	44,4	0,19169	45
1,9	60	0,1	33,2	45,1	0,18072	45
1,9	60	0,1	33,1	45,4	0,18127	45
1,9	60	0,1	32,4	46,1	0,18519	45
1,9	60	0,1	29,6	46,9	0,2027	45
1,9	60	0,1	30,3	47,2	0,19802	45
2	60	0,1	30,1	47,9	0,19934	45
2	60	0,1	29	48,5	0,20683	45
2	60	0,1	28	48,8	0,21429	45
2	60	0,1	25,5	49,1	0,23529	45
2	60	0,1	26,2	50,7	0,22901	45
2,2	60	0,1	24,9	51,2	0,24096	45
2,1	60	0,1	24,5	51,4	0,2449	45
2,1	60	0,1	24,3	51,9	0,24691	45
2,1	60	0,1	25,2	52,3	0,2381	45

Таблиця 3.3.2

Експеримент з ШІМ на максимальних параметрах та ультразвуковим
полем

ШІМ максимальний						
I, A	U, V	V, л	τ, с	t, °C	Q л/хв	P, Вт
3,11	60	0,1	15,1	53	0,39735	45
2,8	60	0,1	15,2	53	0,39474	45
2,9	60	0,1	15,5	53,3	0,3871	45

Таблиця 3.3.3 – другий етап

Експеримент з ШІМ та ультразвуковим полем

I, A	U, V	V, л	τ, с	t, °C	Q л/хв	P, Вт
1,1	60	0,1	63	27,4	0,09524	120
0,9	60	0,1	69	28,4	0,08696	115
0,9	60	0,1	64	29,6	0,09375	117
0,9	60	0,1	65	29,9	0,09231	115
1	60	0,1	58	30,2	0,10345	113
0,9	60	0,1	62	30,7	0,09677	113
1,2	60	0,1	51	31,5	0,11765	108
1,2	60	0,1	54	31,9	0,11111	105
1,1	60	0,1	51	32,6	0,11765	107
1,1	60	0,1	50	33,3	0,12	108
1,5	60	0,1	47	35,8	0,12766	115
1,2	60	0,1	42	35,8	0,14286	145
1,2	60	0,1	44	36	0,13636	140
1,3	60	0,1	42	36,7	0,14286	140
1,2	60	0,1	42	37,7	0,14286	141
1,2	60	0,1	40	38,7	0,15	141
1,3	60	0,1	41	39	0,14634	139
1,3	60	0,1	37	39,4	0,16216	139

Експеримент з ШІМ на максимальних параметрах та ультразвуковим
полем

ШІМ максимальний						
I, A	U, V	V, л	τ , с	t , °C	Q л/хв	P, Вт
1,8	60	0,1	22,4	40,4	0,26786	138
1,8	60	0,1	21,75	41,1	0,27586	138
1,8	60	0,1	21,69	40,9	0,27663	138

Також під час проведення експерименту було виявлено як ультразвукове поле впливає на очищення пластин, тому що на аноді з'являється окислення частинок (атомів, молекул, аніонів) в результаті змінюється ККД в гіршу сторону за рахунок зменшення провідності. На (рис.3.3.1) пластина після проведення двох експериментів, електролізу та електролізу з використанням ШІМ модулятора.

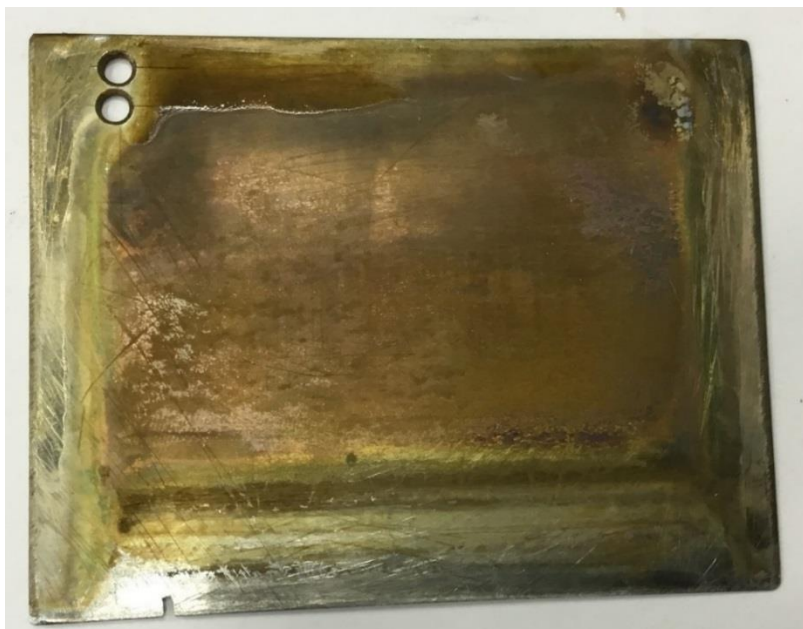


Рис.3.3.1 Пластина електролізера після проведення експериментів без використання ультразвукового поля

Ультразвукове поле позитивно впливає на ККД електролізера, призводить до швидшої генерації водневих та кисневих пухирців на пластинах електролізера та також очищує пластини від окисненої плівки (рис.3.3.2).



Рис.3.4.2. Вплив ультразвукового поля на очищення пластин

3.4. Математична модель газової магістралі електролізера в середовищі «Simulink»

Розроблена схема будови математичної моделі газової магістралі електролізера який наповнює певний об'єм газом (рис.3.4.1). подається тиск 1 та проходить до дроселя 2 та прямує в ресивер 3.

Метою моделювання є дослідження ступеню впливу зміни температури, коефіцієнту витрати та тиску на витрату та тиск на час наповнення.

Моделювання дросельного каналу передбачує розгляд питань, впливу змін газу магістралі електролізера який заповнює певний об'єм, а також побудову його математичної моделі.

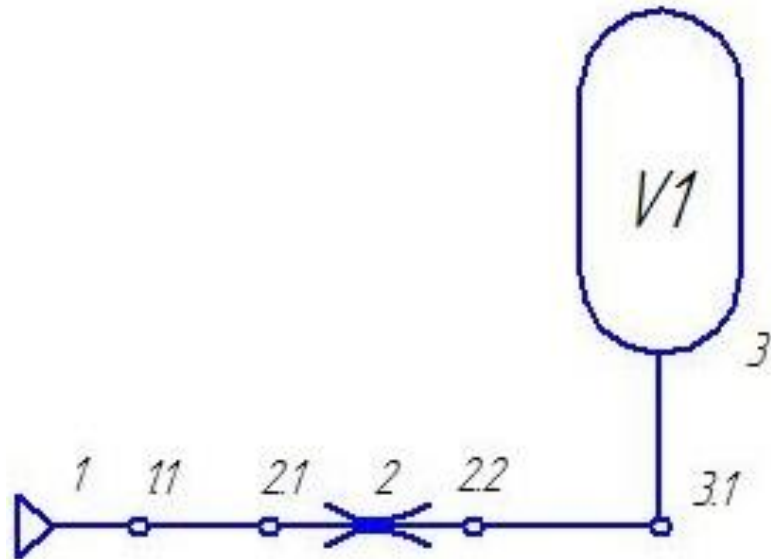


Рис.3.4.1. Схема розрахунку математичної моделі

Перетворимо схему моделі в математичний опис. Для побудови математичної моделі використаємо математичний опис її елементів.

Запишемо рівняння для побудови математичної моделі газової магістралі електролізера:

$$\left\{ \begin{array}{l} p_{1.1} = p(t) \\ p_{2.1} = p_{1.1} \\ q_{2.2} = 0,0899 \cdot \mu \cdot f \cdot \sqrt{\frac{2}{RT} \cdot p_{2.1} \cdot (p_{2.1} - p_{3.1})} \\ q_{2.2} = q_{3.1} \\ p_{2.2} = p_{3.1} \\ \frac{dp_{3.1}}{dt} = \frac{k \cdot R \cdot T \cdot q_{3.1}}{V_1} \end{array} \right.$$

q - витрата повітря через відкритий дросель;

T – температура в магістралі;

p – тиск на вході;
 μ - коефіцієнт витрати;
 f - площа поперечного перерізу;
 R - постійна газова стала;
 k – показник адіабати.

Побудова моделі в середовищі «Simulink», отримавши систему рівнянь можна побудувати математичну модель роботи магістралі електролізера (рис.3.4.2):

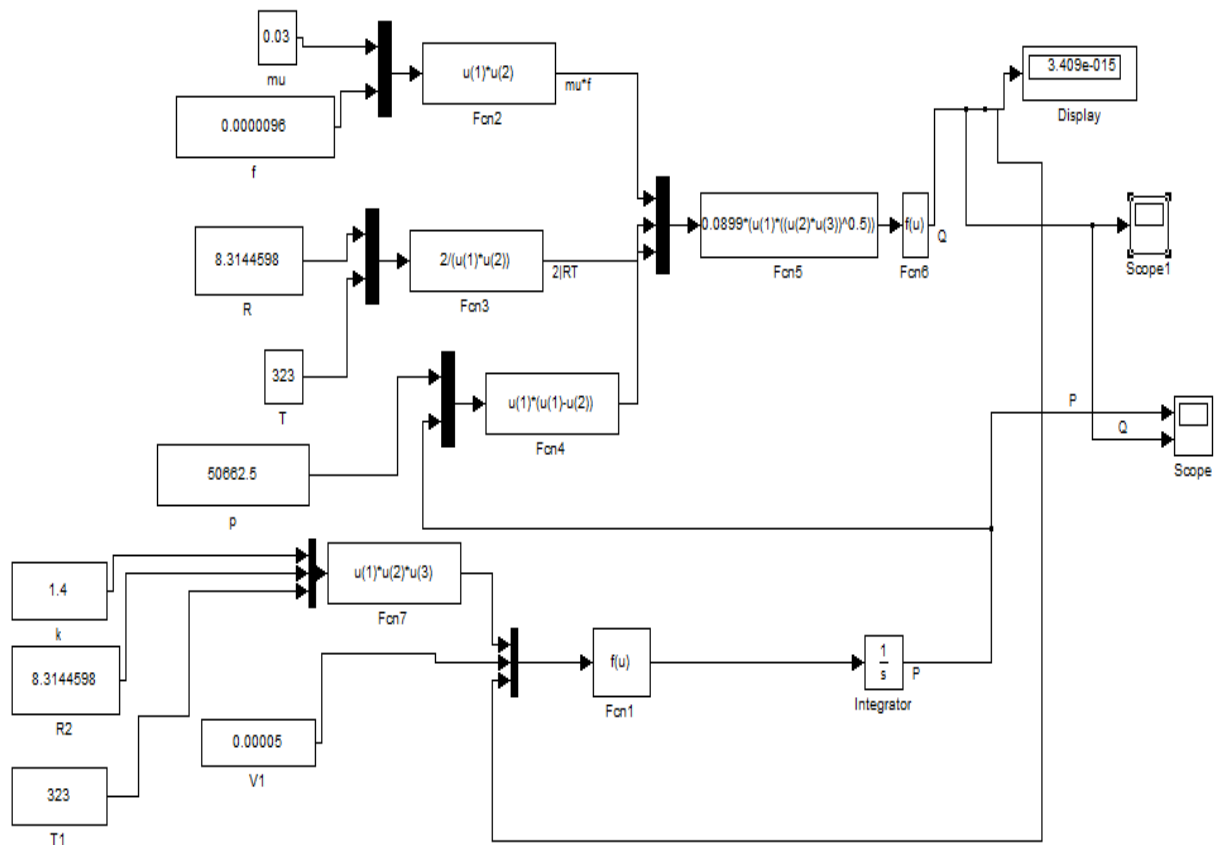


Рис.3.4.2. Вікно моделі роботи магістралі електролізера

Умовно математичну модель можна розділити на три блоки:

1. Початкові параметри, які задані: обираючий сигнал та блок.
2. Розрахунковий блок магістралі електролізера.

3. Інформаційний блок, що відображує роботу магістралі електролізу.

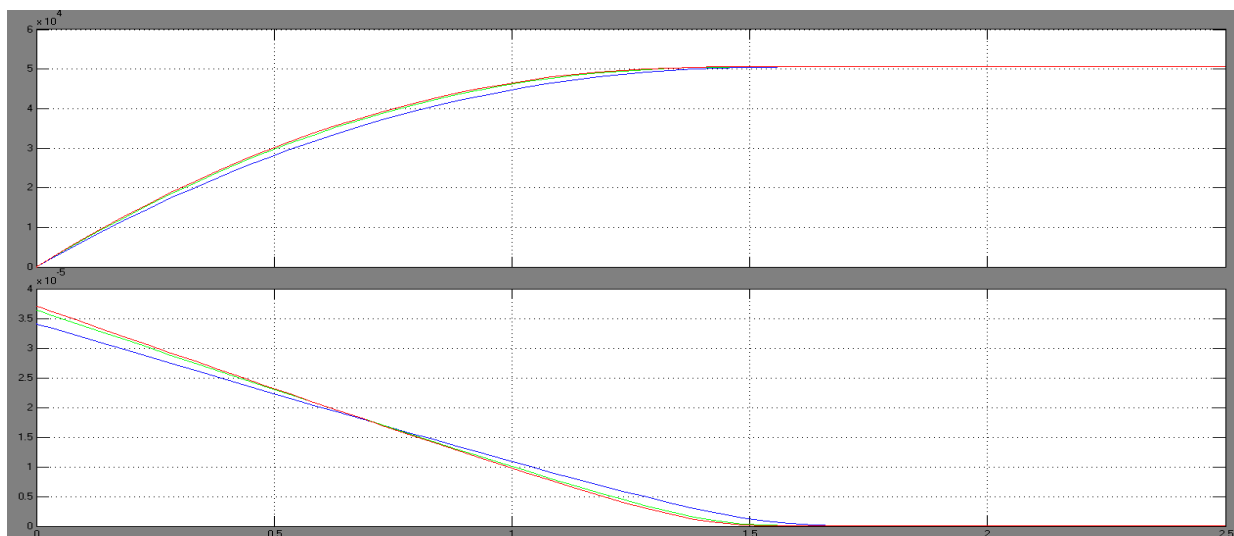


Рис.3.4.3. Залежність тиску та витрати від часу при зміні температури $T=333\text{K}$ (синя лінія), $T=293\text{K}$ (зелена лінія), $T=283\text{K}$ (червона лінія)

На (рис.3.4.3.) модуляцію проведено при значеннях: $P = 50000\text{ Па}$, та також при $\mu = 0,03$.

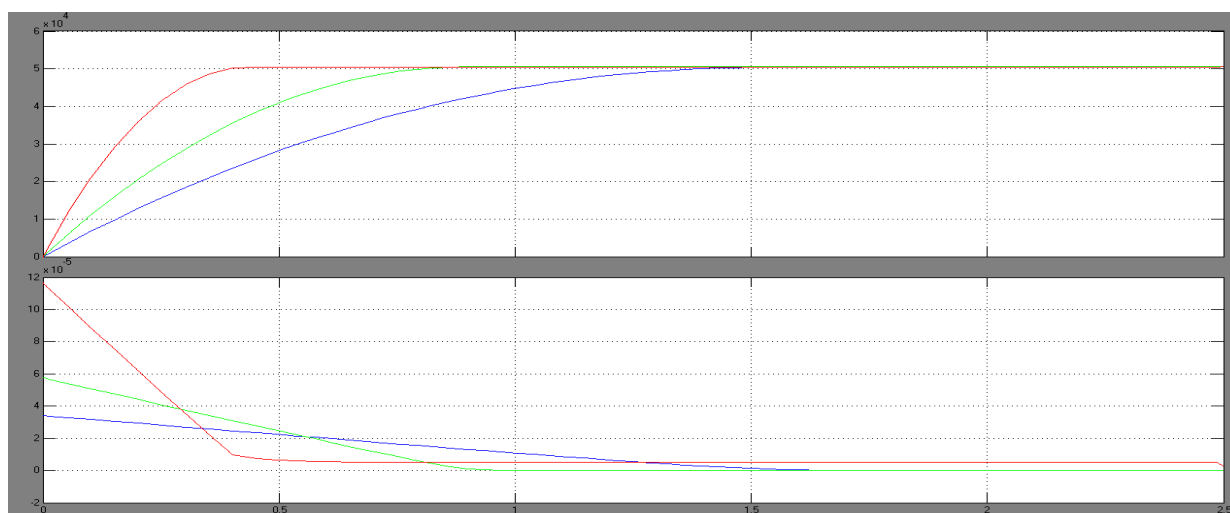


Рис.3.4.4 Залежність тиску та витрати від часу при зміні коефіцієнту $\mu = 0,03$ (синя лінія), $\mu = 0,05$ (зелена лінія), $\mu = 0,1$ (червона лінія)

На (рис.3.4.4) модуляцію проведено при значеннях: $T=333\text{ K}$, та також при тиску $P=50000\text{ Па}$

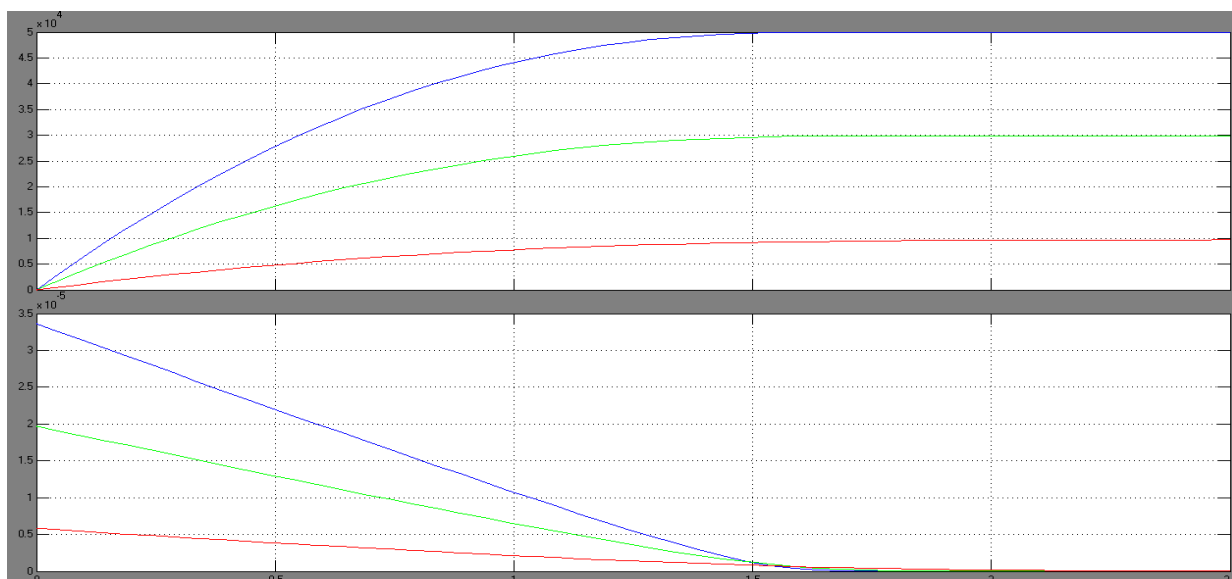


Рис.3.4.5 Залежність тиску та витрати від часу при зміні коефіцієнту $P=50000\text{ Па}$ (синя лінія), $P=30000\text{ Па}$ (зелена лінія), $P=10000$ (червона лінія)

На (рис.3.4.5) модуляцію проведено при значеннях: $\mu = 0,03$, та також при $T=333\text{ K}$.

3.5. Опрацювання та аналіз експериментальних досліджень

В ході досліджень частота ультразвукового генератора задавалася рівної 28, 30 і 32 кГц. Отримані дані експериментальних даних (рис.3.5.1) дозволили визначити залежність витрати воднево-кисневої суміші від температури для різних частот ультразвуку.

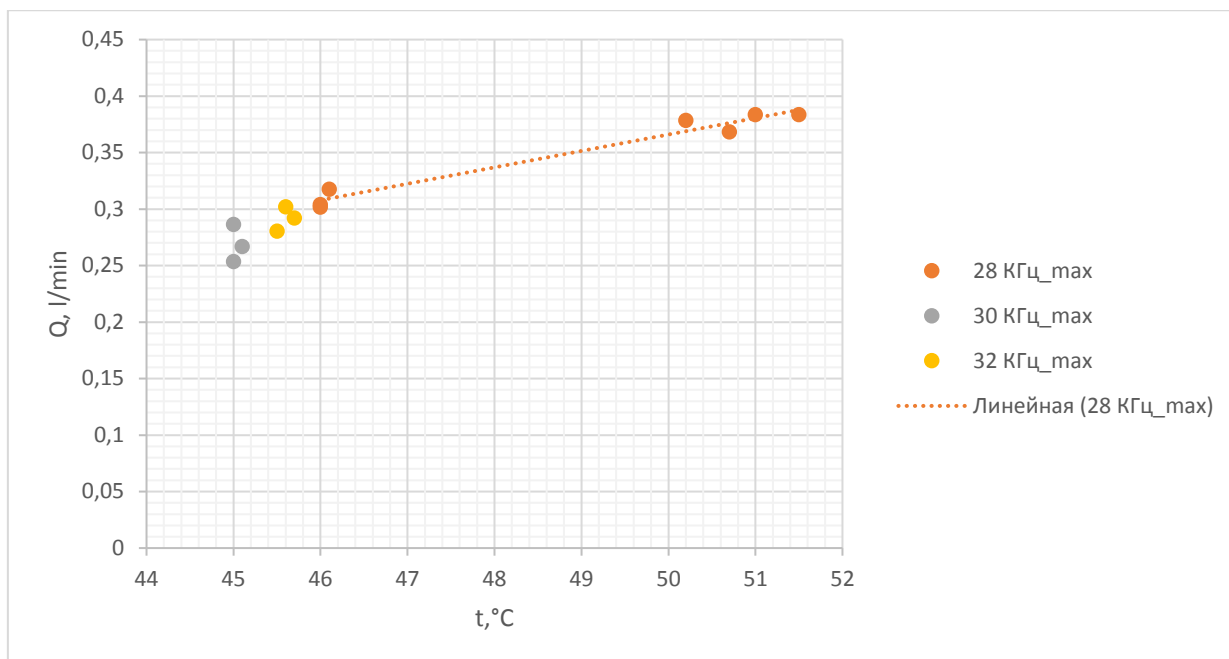


Рис. 3.5.1. Залежність витрати воднево-кисневої суміші від температури для різних частот ультразвуку

Аналіз отриманої залежності визначив, що частота ультразвукового поля впливає на інтенсивність виділяється воднево-кисневої суміші.

Були розглянуті три режими роботи електролізера: живлення постійним струмом, живлення імпульсним струмом і з впливом ультразвукового поля.

При дослідженні роботи електролізера вимірювався витрата газу, що виділяється, фіксувалася температура електроліту і сила струму, що проходить через електролізер.

Витрата газу, що виділяється фіксувався за допомогою ротаметра і об'ємним методом. Контроль електричних параметрів ШІМ і генератора ультразвукової частоти виконувався за допомогою осцилографа.

Отримані в результаті експерименту залежності представлені на (рис.3.5.2). Чи порівнювалися три режими роботи електролізера: при живленні постійним струмом (DC), живлення імпульсами (PWM) і з накладенням ультразвукового поля при живленні імпульсами (Ultrasonic). Як видно з графіків на інтенсивність роботи електролізера впливають сила струму, що проходить через електролізер і температура електроліту. Аналіз показав, що

вплив температури електроліту на кількість газу, що виділяється має практично лінійний характер.

Під час проведення дослідів було помічено що, коли температура електролізера перевищує 55-60 ° С, електролізер починає працювати нестабільно і це призводить до погіршення роботи.

Найбільш ефективно електролізер працює при температурі 50-55 ° С, тобто ККД залежить безпосередньо від температурних режимів. Щоб продовжити час стабільної роботи електролізера необхідно охолоджувати електроліт (рис. 3.5.2).

Порівняння залежностей, отриманих на різних режимах роботи показує, що застосування імпульсної модуляції напруги живлення (PWM) призводить до підвищення кількості газу, що виділяється на 10 - 15% (рис.3.5.2).

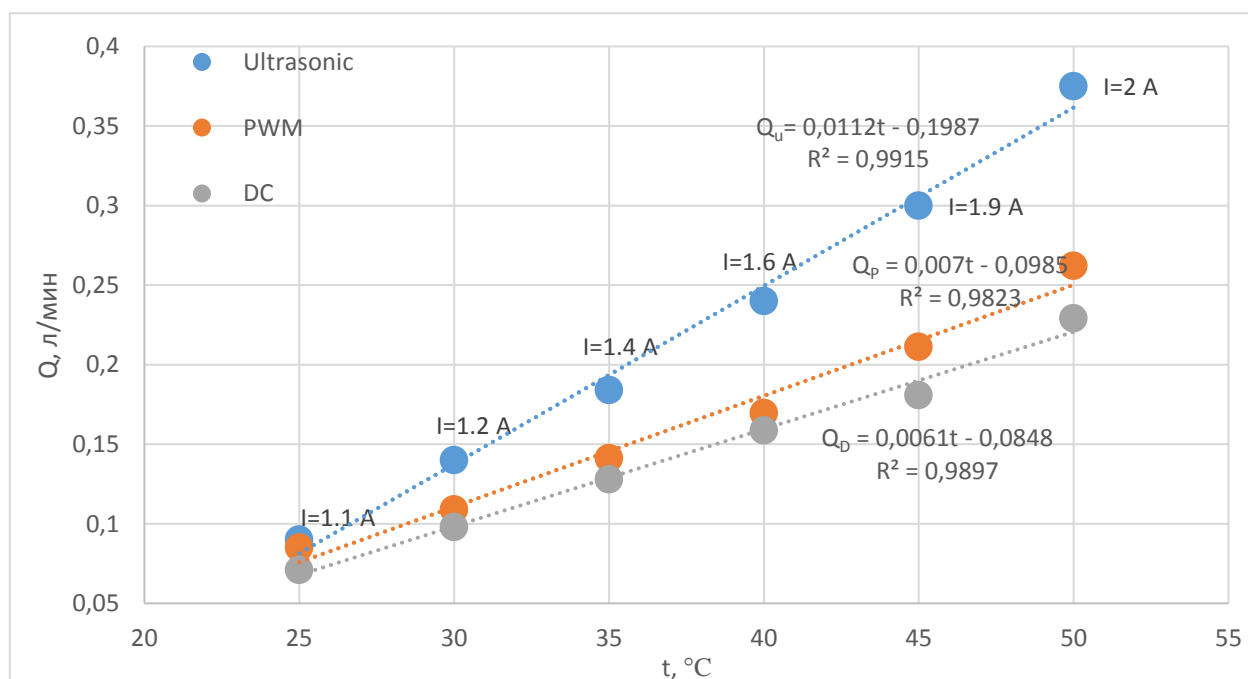


Рис.3.5.2. Залежність витрати воднево-кисневої суміші від температури електроліту при різній силі струму (електроліт - дистильована вода і сода Na_2CO_3 1:10)

Максимальна ефективність спостерігається при включенні ультразвукового випромінювача (Ultrasonic). При цьому спостерігалось збільшення витрати газу, що виділяється до 40% (рис.3.5.2).

Сила струму, що проходить через електролізер змінювалася при зростанні температури електроліту і практично не залежить від його режиму роботи.

Для зниження витрат електроенергії застосовано імпульсний генератор сигналу з електронним блоком управління. Також треба відзначити, що кавітація, викликана ультразвуком очищала пластини від утворених відкладень і коагулювати осад в дні електролізера.

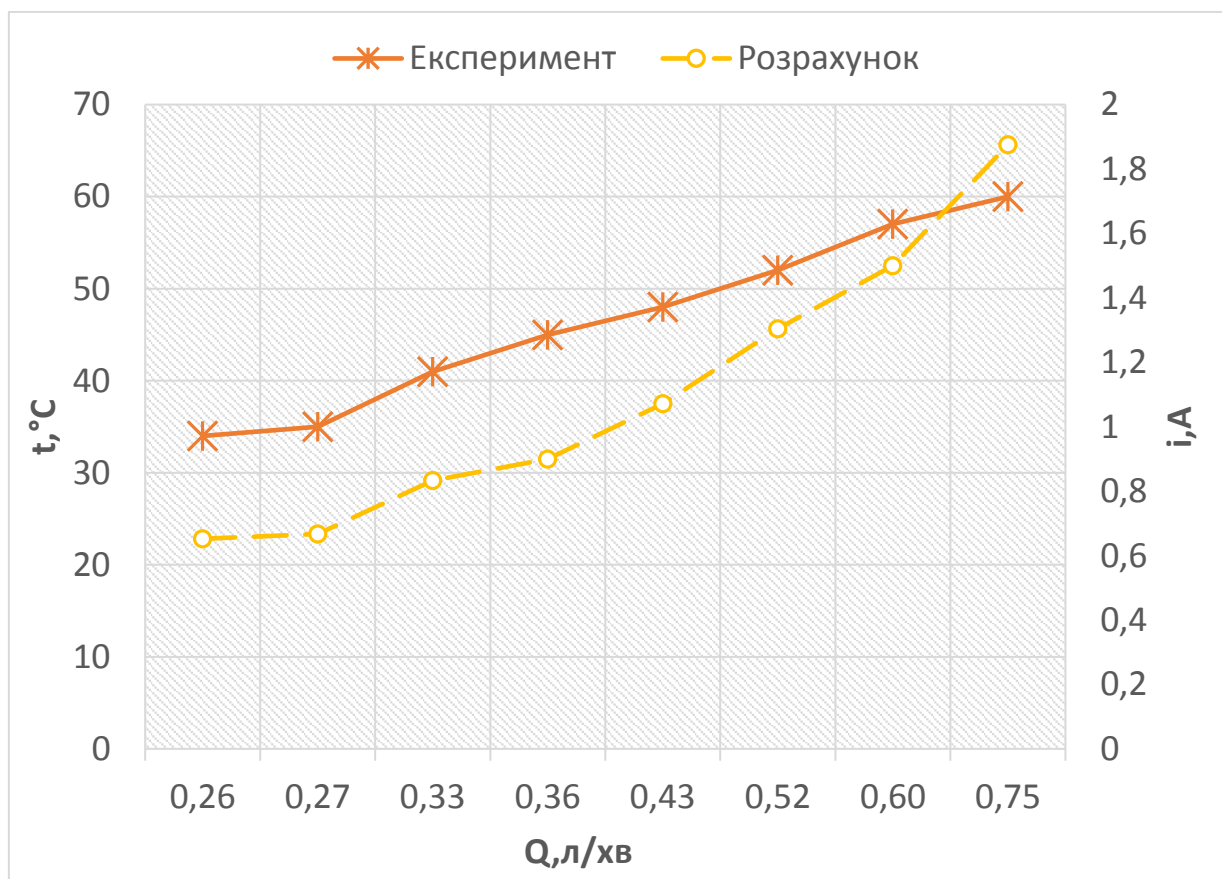


Рис. 3.5.3. Залежність сили струму від витрати газу та температури електроліту

На (рис. 3.5.3) спостерігаємо за ефективністю на жовтій кривій яка відображає вплив ультразвукового поля на енергоефективність нашої системи та дозволяють побачити більш ефективно добування водню.

Для зниження витрат електроенергії застосовують імпульсний генератор сигналу з електронним блоком керування.

Таким чином, запропонована модернізована принципова схема підтримує раціональні режими роботи електролізера, а застосування ультразвукового поля підвищить енергоефективність електролізу в цілому.

В той же час, запропоноване технічне рішення просте та може бути застосоване в інших типах електролізерів.

В подальшому планується зробити автономний генератор з керуванням електролізера від комп'ютера та застосування сонячної панелі в якості альтернативного джерела живлення.

В результаті було проведено порівняння розрахункових даних, з фізичним експериментом (рис. 3.5.4).

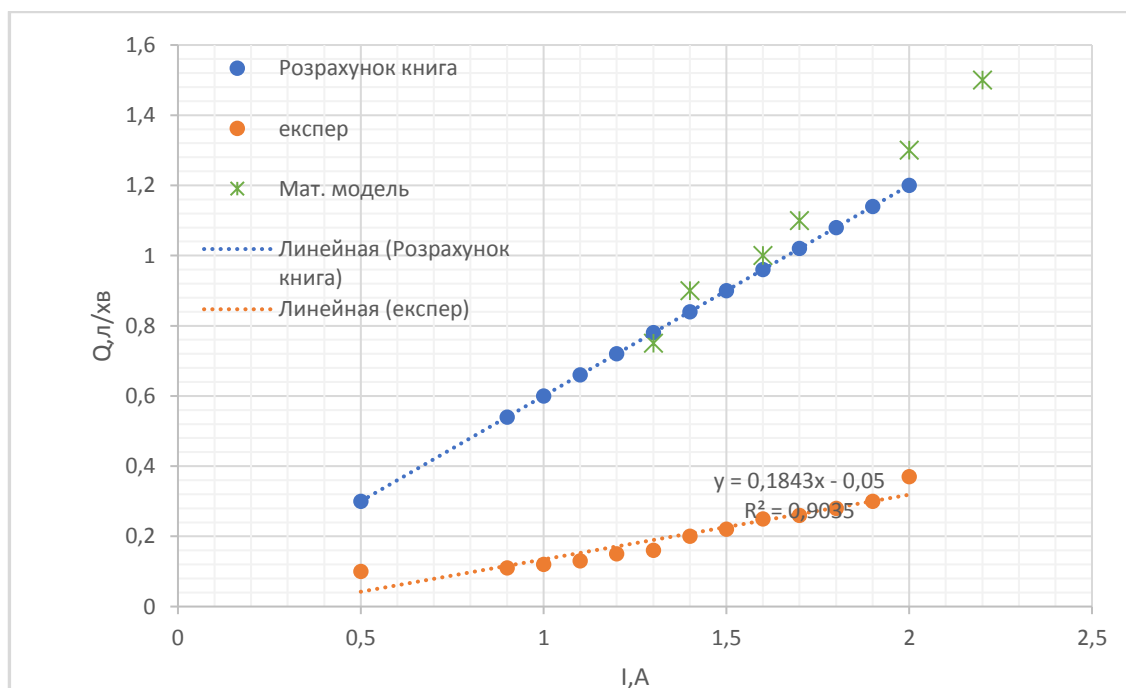


Рис. 3.5.4. Залежність витрати суміші газів від сили струму (порівняння розрахункових даних з фізичним експериментом та математичної моделлю)

На (рис. 3.5.4) порівнюються розрахунки за перши та другим законом Фарадея, дані отримані з експериментального дослідження, розрахунок за формулою (1) з книги Попеля та за моделюванням в середовищі «Simulink».

Висновки до розділу:

Розроблений варіант електролізера який має невеликі габарити та вагу та відрізняється високою технологічністю виготовлення, не потребує ущільнень електролітичних комірок і може бути використаний у об'єктах з невеликим споживанням водню наприклад у безпілотних літальних апаратах у якості генератора палива.

Експериментально підтверджено роботоздатність та ефективність електролізера з невеликими габаритами.

За результатами досліджень була отримана залежність часу виділення сталого об'єму газу від температури при різних початкових значеннях струму і температури, а також швидкість протікання хімічної реакції з виділенням сталого об'єму газу від температури її проходження. Для підвищення часу роботи генератора, який працює на основі електролізу, запропоновано модернізувати конструкцію за рахунок застосування циркуляційного насосу або використання спеціального охолоджуючого модуля на ефекті Пельтьє в змінних умовах температури.

В подальшому планується застосування сонячної панелі в якості альтернативного джерела живлення.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Тема мого дипломного проекту – «Підвищення ефективності технологічного процесу отримання воднево-кисневої суміші газів ННО» У даній роботі спроектовано та досліджено характеристики генератора водню с мехатронною системою керування, робота виконується в лабораторії за допомогою генератора водню та комп'ютера на якому програмується контролер за допомогою якого контролюється процес генерації водню. Основними несприятливими чинниками є:

- Електробезпека.
- Освітлення.
- Мікроклімат.
- Пожежна безпека.

4.1. Характеристика приміщення

Габаритні розміри приміщення, в яких встановлений комп'ютер та інша оргтехніка: площа 30 кв.м. (рис. 4.1), а об'єм $V = S \cdot h = 30 \cdot 2,7 = 81 \text{ м}^3$. У цьому приміщенні передбачено відповідні параметри температури, чистота повітря але не забезпечена ізоляція від виробничих шумів так як приміщення розташоване в житловому будинку.

По санітарних нормах площа на одне робоче місце з ПК для дорослих користувачів повинна складати не менше 6.0 м^2 , а об'єм – не менше 20 м^3 . [21] Отже, габаритні розміри приміщення повністю відповідають санітарним нормам.

Для облицювання стін, стель, підлоги приміщень, де розміщені ПК, слід використовувати матеріали, дозволені органами санітарно-епідеміологічного нагляду, а для внутрішньої обробки інтер'єру – матеріали,

що дифузно-відбиваються, з такими коефіцієнтами віддзеркалення: для стелі – 0.7-0.8; для стін – 0.5-0.6; для підлоги – 0.3-0.5.

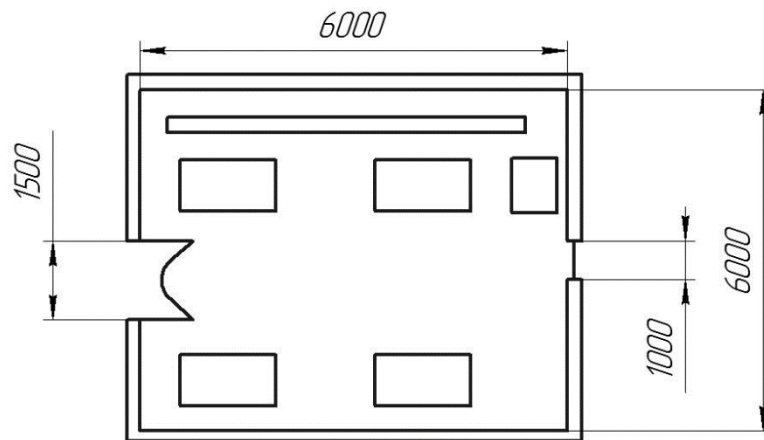


Рис. 4.1. План приміщення

Поверхня підлоги в приміщеннях експлуатації моніторів і ПК повинна бути рівною, без вибоїн, неслизькою, зручною для прибирання, володіти антистатичними властивостями. Вологе прибирання необхідно проводити щодня.

4.2. Електробезпека

З кожним роком зростає виробництво та споживання електроенергії, а відтак і кількість людей, які в процесі своєї життєдіяльності використовують (експлуатують) електричні пристрої та установки. Тому питання електробезпеки набувають особливої уваги.

Електробезпека – це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

В приміщення одночасно експлуатується і обслуговується 2 персональних ЕОМ, у доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач та електричний щит з запобіжником, що може повністю виключити електричний струм приміщення, крім освітлення. Заземлення електричного щита виконано із заземленою нейтраллю, а розетки лабораторії виконані з захисним зануленням.

Крім того, кожен ПК в приміщенні на випадок перенавантаження електричної мережі, підключений в розетку з окремим запобіжником виключення.

Для підключення іншої переносної електроапаратури використовуються гнучкі проводи в надійній ізоляції, також з додатковим запобіжником вимикання, також електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у приладів і меблів.

Приміщення відповідає усім нормам електробезпеки за ПУЕ 2012 та є придатним та безпечним для роботи.

4.3 Освітлення

Недостатність освітлення призводить до напруги зору, ослаблю увагу, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає засліплення, роздратування і різь в очах. Неправильний напрям світла на робочому місці може створювати різні тіні, відблиски, дезорієнтувати що працює. Всі ці причини можуть привести до нещасного випадку або профзахворювань, тому настільки важливий правильний розрахунок освітлення, визначення необхідного числа світильників, їх типу і розміщення.

Штучне освітлення в приміщеннях для експлуатації ПК повинне здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У випадках переважної роботи з документами, слід застосовувати системи комбінованого

освітлення (до загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення, призначені для освітлення зони розташування документів).

Освітленість на поверхні столу в зоні розміщення робочого документа повинна бути 300-500 лк. Освітлення не повинне створювати відблисків на поверхні екрану. Освітленість поверхні екрану не повинна бути більше 300 лк.

Як джерела світла при штучному освітленні слід застосовувати переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ і компактні люмінесцентні лампи. У світильниках місцевого освітлення допускається застосування ламп розжарювання, зокрема галогенних.

В приміщенні застосовується штучне освітлення комбіноване(місцеве і загальне) і природне освітлення бокове. Штучне освітлення виконується за допомогою електричних джерел світла - ламп розжарювання. Виходячи з цього, проведемо розрахунки освітленості нашого приміщення.

Розрахунок освітлення проводиться для кімнати площею 30м², ширина якої 4.5м, висота – 2.7 м. Скористаємося методом світлового потоку .

Визначимо світловий потік в приміщенні і порівняємо його з допустимим, за формулою:

$$E_{\text{еф}} = \frac{F_{\text{л}} N n \eta}{S \cdot k_3 \cdot z}$$

де

$E_{\text{еф}}$ - розраховується світловий потік, Лм;

E - нормована мінімальна освітленість, Лк (визначається за таблицею).

Роботу програміста, відповідно до цієї таблиці, можна віднести до розряду точних робіт, отже, мінімальна освітленість буде $E = 300\text{лк}$;

S - площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку $S = 30\text{м}^2$);

z - відношення середньої освітленості до мінімальної (звичайно приймається рівним 1,1 ... 1,2, нехай $Z = 1,1$);

k_z - коефіцієнт запасу, враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників у процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення й характеру проведених у ньому робіт і в нашому випадку $K = 1,5$);

N - кількість світильників;

n - кількість ламп у світильнику.

η - коефіцієнт використання, (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп і обчислюється в частках одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, фарбування стін і стелі, які характеризуються коефіцієнтами відображення від стін (P_c) і стелі (P_{Π}), Стеля приміщення свіжопобілена $\rho_{cl} = 70\%$, стіни мають світлосірий колір $\rho_{cn} = 50\%$, підлога з паркету $\rho_p = 30\%$.. Значення η визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників. Для цього обчислимо індекс приміщення по формулі:

$$I = \frac{S}{h(A+B)} = \frac{30}{2.7 \cdot (4+7.5)} = 0.966$$

де

S - площа приміщення, $S = 30 \text{ м}^2$;

h - розрахункова висота підвісу, $h = 2.7 \text{ м}$;

A - ширина приміщення, $A = 4 \text{ м}$;

B - довжина приміщення, $B = 7.5 \text{ м}$.

Підставивши значення отримаємо:

Знаючи індекс приміщення I , за таблицею знаходимо $\eta = 0,38$.

Для освітлення використовується люмінесцентні лампи типу Т8 (2.54см), світловий потік яких $F = 3400 \text{ Лк}$.

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку E_{ef} :

$$E_{ef} = \frac{3400 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 0,38}{30 \cdot 1,5 \cdot 1} = 258.4 \text{ лк}$$

Отже, можна зробити висновки, що освітленість приміщення не достатня, саме тому використовується, ще місцеве освітлення, а от освітленість екрану задовольняє нормам.

4.4. Мікроклімат

В даному приміщенні робота з монітором і ПК є основною, тому воно забезпечується оптимальними параметрами мікроклімату.

Для створення необхідних параметрів мікроклімату у приміщенні застосовується система вентиляції та проводиться провітрювання приміщення двічі в день, з ранку і ввечері.

Вентиляція приміщення досягається видаленням з них нагрітого або забрудненого повітря і подачею чистого зовнішнього повітря.

Основні параметри мікроклімату (таблиця 4.4.1) (температура повітря, вологість і швидкість руху повітря на робочому місці) повинні відповідати вимогам . Крім того, необхідно забезпечити необхідні концентрації позитивних і негативних іонів в повітрі робочої зони. Результати досліджень показали, що позитивні іони у великій кількості негативно впливають на розумову і фізичну працездатність (з'являється стомлюваність), на діяльність серцево-судинної системи і системи кровотворення, а негативні іони сприятливо впливають на здоров'ї людини.

Необхідні концентрації позитивних і негативних іонів в повітрі робочої зони забезпечують:

- генератори негативних іонів;
- установки штучного зволоження;
- кондиціонери;
- загально-обмінна проточно-витяжна вентиляція.

В даному приміщенні встановлено установку штучного зволоження, термометр та загально-обмінна проточно-витяжна вентиляція.

Таблиця 4.4.1

Період року	Температура, °C			Відносна вологість, %	
	Оптимальна	Фактична		Оптимальна	Дійсна
		Верхня межа	Нижня межа		
Холодний	21 - 24	23	21	40 - 60	57
Теплий	23 - 28	28	25	40 - 60	46

Середня температура приміщення в теплий період року дорівнює 23 °C, відносна вологість повітря 46%.

У холодний період року, середня температура складає 23 °C. Значення відносної вологості дорівнює 57%.

Всі параметри мікроклімату приміщення в теплий та холодний період року знаходяться в діапазоні оптимальних значень, тому можна зробити висновок, що мікроклімат приміщення є сприятливим для праці.

4.5. Пожежна безпека

Перевірку було проведено керуючись закон України «Про пожежну безпеку» визначає загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки на території України, регулює відносини державних органів, юридичних і фізичних осіб у цій галузі незалежно від виду їх діяльності та форм власності.

Пожежна безпека – стан об’єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Приміщення, в яких встановлені ПК, по пожежній небезпеці відносяться до категорії В, і повинні задовольняти вимогам по запобіганню і гасінню

пожежі по, з обов'язковою наявністю телефонного зв'язку і пожежної сигналізації.

Меблі в приміщенні лабораторії із МДФ, дверні та віконні переплети із металопластика, корпуса ЕОМ і приладів із металу та полімерних матеріалів. По вибуху і пожежо-небезпечності приміщення відноситься до категорії В.

На основі СНіП II-2-80 будівля відповідає II степені вогнестійкості, що потребує від будівельників конструкції норм вогнестійкості (часу опору вогню):

- несучі стіни, стіни сходових кліток і колони - 2 год.
- сходові клітки, сходи, балки і марші у сходових клітках - 1 год.
- зовнішні стіни навісних панелей - 0.25 год.
- внутрішні і зовнішні стіни (перегородки) - 0.25 год.
- плити і настили конструкцій міжповерхових перекриттів – 0.75 год.
- плити, настили та інші несучі конструкції - 0.25 год.

Приміщення відноситься до категорії В. В приміщенні повинно знаходитись 3 вуглекислотні вогнегасники.

Необхідний час евакуації складає - 3 хвилин. Евакуацію необхідно здійснювати швидко, чітко та без паніки.

4.6. Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Ударною хвилею називається область різкого стиску середовища, що поширюється у вигляді сферичного шару від місця вибуху з надзвуковою швидкістю.

Ударні хвилі класифікуються в залежності від середовища поширення. Ударна хвиля в повітрі виникає за рахунок передачі стиснення і розширення шарів повітря. Зі збільшенням відстані від місця вибуху хвиля слабшає і перетворюється на звичайну акустичну. Хвиля при проходженні через дану точку простору викликає зміни в тиску, що характеризуються наявністю двох фаз: стиснення та розширення. Період стиснення настає відразу і триває

порівняно невеликий час в порівнянні з періодом розширення. Руйнівна дія ударної хвилі характеризують надлишковий тиск у її фронті (передній межі), тиск швидкісного напору, тривалість фази стиснення.

Ударна хвиля у воді відрізняється від повітряної значеннями своїх характеристик (великим надмірним тиском і меншим часом впливу). Ударна хвиля в ґрунті при видаленні від місця вибуху стає подібна сейсмічній хвилі. Вплив ударної хвилі на людей і тварин може призвести до отримання безпосередніх чи непрямих поразок. Воно характеризується легкими, середніми, важкими і вкрай важкими ушкодженнями та травмами.

Вражаюче дія ударної хвилі характеризується величиною надлишкового тиску. Надмірний тиск – це різниця між максимальним тиском у фронті ударної хвилі і нормальним атмосферним тиском перед ним.

При надлишковому тиску 20-40 кПа незахищені люди можуть одержати легкі поразки (легкі забиті місця і контузії). Вплив ударної хвилі з надлишковим тиском 40-60 кПа призводить до поразок середньої важкості: втраті свідомості, ушкодженню органів слуху, сильним вивихів кінцівок, кровотечі з носа і вух. Важкі травми виникають при надлишковому тиску понад 60 кПа. Вкрай важкі поразки спостерігаються при надлишковому тиску понад 100 кПа.

Ударна хвиля ядерного вибуху може на значній відстані від центра вибуху завдавати поразки людям, руйнувати споруди і ушкоджувати бойову техніку. Ударна хвиля являє собою область сильного стиснення повітря, що розповсюджується з великою швидкістю у всі сторони від центра вибуху. Швидкість поширення її залежить від тиску повітря у фронті ударної хвилі; поблизу центра вибуху вона в декілька разів перевищує швидкість звуку, але із збільшенням відстані від місця вибуху різко падає.

Вражаюча дія ударної хвилі на людей і руйнуючу дію на бойову техніку, інженерні споруди і матеріальні кошти передусім визначаються надмірним тиском і швидкістю рушення повітря в її фронті. Незахищені люди можуть, крім того поранитися осколками скла, що летять з величезною швидкістю і

обломками будівель, що руйнуються, падаючими деревами, а також частинами бойової техніки, що розкидаються, камінням і іншими предметами, що приводяться в рушення швидкісним натиском ударної хвилі. Найбільші непрямі поразки будуть спостерігатися в населених пунктах і в лісі; в цих випадках втрати військ можуть виявитися більшими, ніж від безпосередньої дії ударної хвилі. Ударна хвиля здатна завдавати поразки і в закритих приміщеннях, проникаючи туди через щілини і отвори. Поразки, що наносяться ударною хвилею, поділяються на легкі, середні, важкі і надто важкі. Легкі поразки характеризуються тимчасовим пошкодженням органів слуху, загальною легкою контузією, ударами і вивихами кінцівок. Важкі поразки характеризуються сильною контузією всього організму; при цьому можуть спостерігатися пошкодження головного мозку і органів черевної порожнини, сильна кровотеча з носа і вух, важкі переломи і вивихи кінцівок. Міра поразки ударною хвилею залежить передусім від потужності і вигляду ядерного вибуху.

Механічне вплив ударної хвилі оцінюється за ступенем руйнувань, викликаних дією хвилі (виділяються слабке, середнє, сильне і повне руйнування). Енергетичне, промислове і комунальне обладнання в результаті дії ударної хвилі може отримати пошкодження, також оцінюються за їх тяжкості (слабкі, середні і сильні). Вплив ударної хвилі може призвести також до пошкоджень транспортних засобів, гідровузлів, лісових масивів. Як правило, шкода, яка завдається впливом ударної хвилі, дуже великий, він наноситься як здоров'ю людей, так і різним спорудам, устаткуванню і т.д.

Середнє руйнування проявляється в руйнуванні дахів і вбудованих елементів-внутрішніх перегородок, вікон, а також у виникненні тріщини у стінах, обвалення окремих ділянок горищних перекриттів і стін верхніх поверхів. Підвали зберігаються. Після розчистки і ремонту може бути використана частина приміщень нижніх поверхів. Відновлення будівель можливо при проведенні капітального ремонту.

Сильне руйнування характеризується руйнуванням несучих конструкцій і перекриттів верхніх поверхів, утворенням тріщин у стінах і деформацією перекриття нижніх поверхів. Використання приміщень стає неможливим, а ремонт і відновлення найчастіше недоцільним.

Повне руйнування. Руйнуються всі основні елементи будівлі, включаючи і несучі конструкції. Використовувати будівлі неможливо. Підвальні приміщення при сильних та повних руйнування можуть зберігатися і після розбору завалів частково використовуватися.

Таким чином, обладнання, що використовується в цих приміщеннях є споживачем електроенергії, що живиться від змінного струму 220 В від мережі з заземленою нейтраллю, та відноситься до електроустановок до 1000 В закритого виконання. За способом захисту людини від ураження електричним струмом відповідає згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» І (стаціонарні комп'ютери,) та ІІ (освітлювальні прилади, кондиціонери, опалювальні пристрої, ноутбуки, сканери) класу захисту.

Внаслідок тривалих статичних навантажень при роботі з ПК може виникнути так званий синдром зап'ястного каналу. Для профілактики і лікування синдрому зап'ястного каналу слід правильно організувати власне робоче місце, якомога частіше переривати роботу і виконувати невеликий комплекс вправ для рук. Щогодини слід робити перерву, хоча б на 3-5 хвилин, піднімати кисті рук вгору і робити невелику зарядку для рук.

Особливу роль у запобіганні втомі працівників відіграють професійний відбір, організація робочого місця, правильне робоче положення, ритм роботи, раціоналізація трудового процесу, використання емоційних стимулів, впровадження раціональних режимів праці і відпочинку тощо. Боротьба зі втомою, в першу чергу, зводиться до покращення санітарно-гігієнічних умов виробничого середовища (ліквідація забруднення повітря, шуму, вібрації, нормалізація мікроклімату, раціональне освітлення тощо).

Загальні ергономічні вимоги встановлено ДСТУ ISO 9241-1:2003 «Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 1. Загальні положення». Організація робочого місця передбачає: правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні; вибір ергономічно обґрунтованого робочого положення, виробничих меблів з урахуванням антропометричних характеристик людини; раціональне компонування обладнання на робочих місцях; врахування характеру та особливостей трудової діяльності.

Штучне освітлення в приміщенні здійснено системою загального рівномірного освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів становить 300-500 лк. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Показники мікроклімату в офісних приміщеннях відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень».

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях у приміщенні нормуються згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Визначення типу та розрахунок кількості первинних засобів пожежегасіння згідно із ДБНВ.1.1.7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва» - для адміністративного приміщення площею 20,91 м² слід застосовувати два порошкових вогнегасниками типу ВП-5 згідно НАПБ Б.03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників». Крім цього адміністративні приміщення повинні бути обладнані автоматичними

пожежними сповіщувачами, що реагують на підвищення температури, дим, полум'я.

Ударною хвилею називається область різкого стиску середовища, що поширюється у вигляді сферичного шару від місця вибуху з надзвуковою швидкістю.

Висновки до розділу:

У цій частині дипломної роботи було визначено потенційно небезпечні шкідливі фактори, при виконанні роботи, розраховано освітленість робочого яке відповідає нормам .

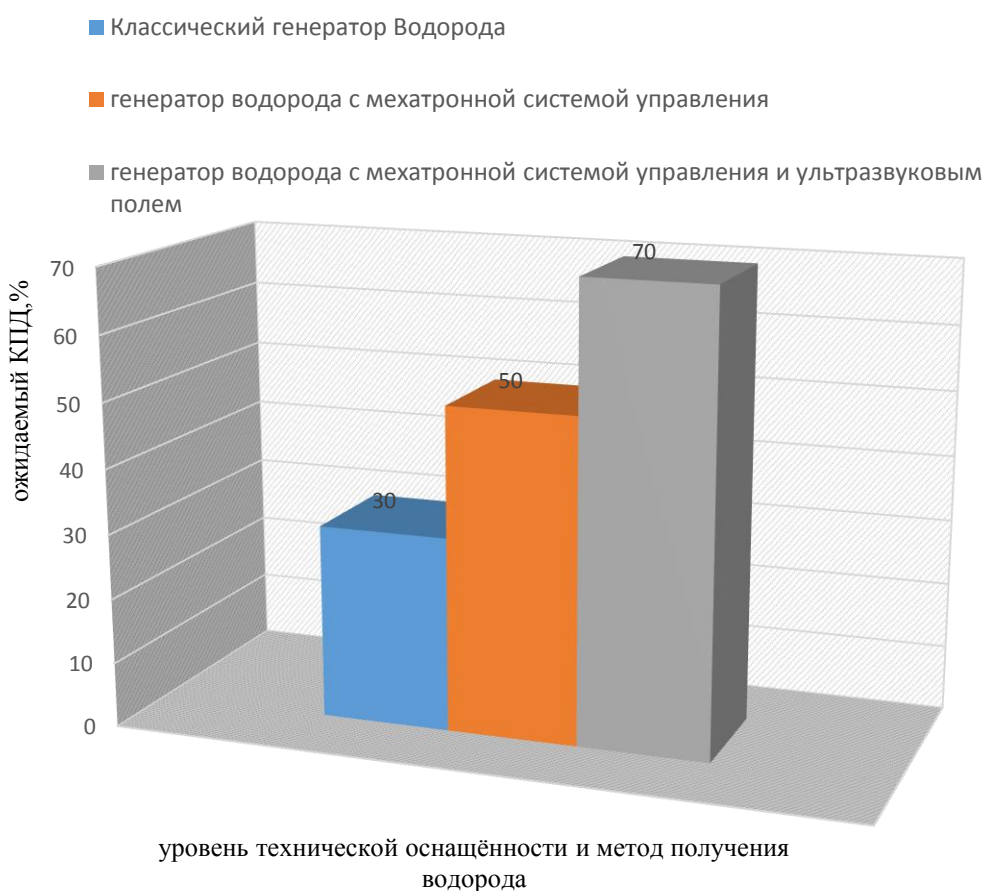
Проаналізували пожежну безпеку в приміщенні, та дійшли висновку що вона відповідає вимогам. Також був проведений аналіз електробезпеки приміщення в результаті чого встановлено, що він відповідає ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. Изменения, 1987».

В результаті було встановлено, що приміщення відповідає державним нормам та забезпечує комфортні умови праці.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТА

С даним стартап проектом я прийняв участь в виставці VII Фестивалю інноваційних проектів “Sikorsky Challenge” 11-14 жовтня 2018 Експонат – Підвищення ефективності технологічного процесу отримання водню, де здобув сертифікат фіналіста (див. Додаток Б).

5.1. Проблема



Пристрої, що використовуються для отримання водню, не задовольняють вимогам безпечності та економічності

Потреби:

- впровадження водневих паливних систем з метою економії та забезпечення екологічної безпечності транспортних засобів.
- забезпечення безпеки експлуатації.

- підвищення надійності.
- досягнення збільшеного часу безперервної роботи.
- підвищення ефективності процесу отримання водню.

5.2. Рішення

Проект направлено на впровадження смарт технології генерації водню. Завдяки розробленому рішенню можна додатково знизити витрату електричної енергії до 30 % при генерації водню та підвищити безпечність за рахунок застосування трьох ступеневої системи захисту. Зниження витрат на обслуговування до 50 % в порівнянні з існуючими аналогами (за рахунок автоматичного очищення пластин). Окрім цього рішення дозволяє автоматично управляти режимами роботи шляхом програмної корекції в залежності від температурних режимів роботи. Прототип є унікальним завдяки застосуванню ультразвукового модуля («ультролізу») та індивідуальної системи керування і програмування із зворотним зв'язком.

«Ультроліз» симбіоз двох технологій який дозволяє підвищити:

- Ефективність.
- Безпеку.

5.3. Конкуренти

Основні конкуренти:

- ГБО.
- Біопаливо.
- Апарати фірми «Hydroxurpower» та «Водород».

Переваги запропонованого рішення:

- Знижує витрату палива.

- Збільшує запасу ходу до 30%.
- Повністю автоматизований та контрольований процес роботи.
- Простота та технологічність в використанні.
- Знижує шкідливі викиди.
- Безпечність.

5.4. Поточний статус

Готовність:

- Підтверджено лабораторними дослідженнями збільшення ефективності генерації газу до 30 %.
- Проводяться випробовування генераторів водню з подальшою можливістю впровадження технології у різних виробничих процесах.
- Інтелектуальну власність захищено.

5.5. Приклади використання запропонованої технології для автотранспорту



5.6. Стан прав інтелектуальної власності

- Подано заявку на патент України на винахід

- Патент на винахід Мехатронний електролізер для отримання водню та кисню № а201804271, дат. под. 18.04.2018 Луговський О.Ф., Ночніченко І.В., Зілінський А.І., Костюк Д.В. (форм. експер).

5.7. Команда

Луговський Олександр	керівник проекту
Ночніченко Ігор	виконавчий директор
Зілінський Андрій	менеджер
Костюк Дмитро	інженер-конструктор
Мовчанюк Андрій	інженер-конструктор
Мирончук Валентин	Інженер-дослідник
Ситнюк Георгій	Інженер-дослідник
Партнери-«Інноваційний холдинг» Sikorsky Challenge	

5.8. Пропозиція інвестору

- запуск дослідно-промислового виробництва та організація дилерської мережі- \$15,000.
- створення спільного підприємства по виготовленню та обслуговуванню пристроїв - \$60,000.

ВИСНОВКИ ЗАГАЛЬНІ:

1. Створено експериментально-дослідний зразок електролізера з ультразвуковим інтенсифікатором та широтно-імпульсною модуляцією вхідної напруги з мехатронною системою керування режимами роботи. Підтверджено ефективність впроваджених технічних рішень симбіозу систем керування режимами роботи, в результаті загально підвищене ККД системи становить 10-20%.
2. Встановлено шляхом експериментальних досліджень, що температура електроліту з 20 до 60°C впливає на продуктивність (витрати суміші газів ННО) збільшилась в 4 рази. Час нагріву реактора в вказаному діапазоні температур, становив 30 хв (при зовнішній температурі середовища 20°C). Це показало необхідність впровадження системи теплообмінного модуля для підтримки раціональної температури в реакторі та збільшення неперервного часу роботи. В результаті досліджень встановлено закон керування режимами роботи електролізера.
3. Вперше впроваджено в електролізер ультразвуковий інтенсифікатор та досліджені раціональні частотні характеристики (28-32КГц) ультразвукового кавітатора в складі електролізера. Отримані дані експериментальних даних дозволили визначити залежність витрати воднево-кисневої суміші від температури для різних частот ультразвуку.
4. Експериментально підтверджено коректність розробленої математичної моделі воднево-кисневої магістралі, що дозволило її використання для визначення функціональних властивостей електролізера.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шпильрайн Э.Э. Введение в водородную энергетику - М.: Энергоатомиздат 1984. -264 с.
2. Якименко Л.М., Модылевская И.Д., Ткачек З.А. Электролиз воды издательство Химия. Москва. 1970. -264с.
3. Генкин К. И. Газовые двигатели. - М.: «Машиностроение», 1977.- 196с.
4. Корж В.Н., Попиль Ю.С.К 66 Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. К.: «Ікотехнологія», 2010. — 194 с.
5. А.с. 507668 СССР, МКИЗ С25В 1/04. Электролизер для получения гремучего газа из воды и водных растворов/ В.К.Лебедев, А.А.Рассо- шинский, В.М.Кислицип и др; Заявл. 02.04.74 опубл. бюл. Xsl 1 — 3 с.
6. Газогенераторы водородно-кислородной смеси ГВК-1,5 и ГВК-0.2/ В.М.Кислицип, А.Г.Мусин, В.П.Шевченко. — Киев. — 1981 3с. ип- форм. письмо (ИЭС нм. Е.О.Патона, X°2).
7. Ситнюк Г.О.,Ночніченко І.В., Костюк Д.В., Мирончук В.С., Електроліз як актуальний спосіб отримання альтернативного палива водню VII Всеукраїнська науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених» м. Київ- С. 115-119.
8. <https://zapadloman.wordpress.com/2013/09/02/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D1%80/>
9. <http://energodar.net/energy.php?str=voda/patent>
10. https://studbooks.net/2295753/matematika_himiya_fizika/sovremennye_metody_polucheniya_vodoroda
11. <https://studopedia.org/11-89645.html>

12. SOFC – Solid Oxide Fuel Cell (твердооксидна пальна комірка)
<http://avtonov.info/toplivnye-elementy>
13. <https://habr.com/post/391531/>
14. Якименко Л.М., Модылевская И.Д., Ткачек З.А. Электролиз воды
издательство Химия. Москва. 1970. -264с.
15. Серов А. Огонь из... воды//Моделист-Конструктор. – 1980. – №7.
16. <https://golubs.wordpress.com/2012/12/25/%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%B7-%D1%83-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96/>
17. <http://www.ximicat.com/info.php?id=22>
18. Корж В.Н., Попиль Ю.С.К 66 Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. К.: «Ікотохнологія», 2010. — 21 с.
19. Кумабэ Д. Вибрационное резание./Пер. с яп. Л.Масленникова;Под ред. И.И.Портнова, В.В.Белова.- М.: Машиностроение, 1985.-424 с.
20. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле./Пер. с англ. Л.Г Корнейчука;Под ред. Э.И.Григолюка.- .:Машиностроение, 1985.-424с.
21. ГОСТ 14254-96. Апарати електричнінапругою до 1000 В. Оболонки. Ступені захисту.

Додаток А

код програми для Ардуіно

```
#include <OneWire.h>
#include <LiquidCrystal.h> //Подключаем библиотеку для работы с LCD
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_BMP085.h> //Совместимая с BMP180 библиотека
LiquidCrystal lcd(13, 12, 11, 7, 6, 5, 4); // инициализируем LCD, указывая
управляющие контакты
OneWire ds(10);
// Подключаем VCC датчика BMP085 на 3.3V (не на 5.0V!)
// Подключаем GND на землю
// Подключаем SCL на i2c clock - на '168/'328 Arduino Uno/Duemilanove/etc это
Analog 5
// Подключаем SDA на i2c data - на '168/'328 Arduino Uno/Duemilanove/etc это
Analog 4
// ЕОС не используется, он означает окончание преобразования
// XCLR вывод сброса, тоже не используется
#include "Ticks.h"
const byte pinFlowMeter = 2; // data pin for FlowMeter sensor
const byte numInterrupt = 0; // Interrupt number
const int period = 1000; // Base periode, in milliseconds
Adafruit_BMP085 bmp; //Датчик
byte type_s;
const float CoefLitMin = 7.5;
Ticks myTicks(numInterrupt, pinFlowMeter, period);
void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  Serial.begin(115200); // Initializes serial communication with PC terminal
  if (!bmp.begin()) { // Проверяем подключение датчика
    lcd.print("BMP085 sensor ERROR");
```

```

    delay(500);
}
    lcd.print("OK");
    delay(500);
    lcd.clear();          //очистка экрана
    myTicks.begin();      // Initializes the class for counting ticks
    digitalWrite(pinFlowMeter, HIGH);
}
void loop() {
    myTicks.operate();    // Count
    byte i;
    byte data[12];
    byte addr[8];
    float celsius, fahrenheit;
    // Ищем алрес датчика
    if (!ds.search(addr)) { // поиск нового датчика
        ds.reset_search(); // если не нашли, сбрасываем поиск в начало
        Serial.println(" Chip err");
        return; // и возвращаемся в самое начало главного цикла void loop(void)
    }
    // Проверяем не было ли помех при передаче
    if (OneWire::crc8(addr, 7) != addr[7]) {
        Serial.println("CRC is not valid!");
        lcd.print("e2");
        //return;
    }
    Serial.println();

    // Определяем серию датчика
    switch (addr[0]) {

```

```

case 0x10:
    Serial.println(" Chip = DS18S20");
    type_s = 1;
    break;
case 0x28:
    Serial.println(" Chip = DS18B20");
    type_s = 0;
    break;
case 0x22:
    Serial.println(" Chip = DS1822");
    type_s = 0;
    break;
default:
    Serial.println("Device is not a DS18x20 family device.");
    lcd.print("e3");
    //return;
}
ds.reset();
ds.select(addr);    // Выбираем адрес
ds.write(0x44, 1);  // Производим замер, в режиме паразитного питания
delay(1000);
ds.reset();
ds.select(addr);
ds.write(0xBE);      // Считываем оперативную память датчика
for ( i = 0; i < 9; i++) {
    data[i] = ds.read(); // Заполняем массив считанными данными
}
// Данные о температуре содержатся в первых двух байтах, переведем их в
одно значение и преобразуем в шестнадцатиразрядное число
int16_t raw = (data[1] << 8) | data[0];

```

```

    if (type_s) {
        raw = raw << 3;
        if (data[7] == 0x10) {
            raw = (raw & 0xFFF0) + 12 - data[6];
        }
    }
    else {
        byte cfg = (data[4] & 0x60);
        if (cfg == 0x00) raw = raw & ~7;
        else if (cfg == 0x20) raw = raw & ~3;
        else if (cfg == 0x40) raw = raw & ~1;
    }
    celsius = (float)raw / 16.0;
    fahrenheit = celsius * 1.8 + 32.0;
    lcd.clear();
    lcd.print("T");
    lcd.print(bmp.readTemperature());
    lcd.print("C T");
    lcd.print(celsius);
    lcd.print("C");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("P");
    lcd.print(bmp.readPressure());
    lcd.print("pa Q");
    lcd.print(myTicks.TickRate1Period()/CoefLitMin, 2);
    lcd.print("l/m");
    delay(1000); // опрос датчика два раза в секунду
}

```


Добаток Б
Диплом фіналіста



НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



НАУКОВИЙ ПАРК «КИЇВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



ІННОВАЦІЙНА ЕКОСИСТЕМА «SIKORSKY CHALLENGE»

ДИПЛОМ ФІНАЛІСТА

Цей диплом засвідчує, що команда проекту

**Підвищення ефективності технологічного
процесу отримання водню**

стала фіналістом Конкурсу стартапів
VII Фестивалю інноваційних проектів

"SIKORSKY CHALLENGE 2018"

Президент Наукового парку
«Київська політехніка»

М. Згуровський